



Report

Mechanische Analogcomputer Feuerleitreechner mit Schweizer Beteiligung

Author(s):

Masson, André

Publication Date:

2015

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-010407843> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Mechanische Analogcomputer

Feuerleitrechner mit Schweizer Beteiligung

Wenn heute von Computern die Rede ist, meint man üblicherweise *elektronische Digitalrechner*. Es war ein langer Weg von den Relais- und den Röhrenmaschinen zu den derzeitigen speicherprogrammierten Universalgeräten. Die Vorläufer unserer Elektronenrechner bestanden aus mechanischen und elektromechanischen Bauteilen.

Analogrechner

Neben den digitalen Rechenhilfsmitteln, zu den auch die Rechenrahmen (Kugelrechner) und die mechanischen Tisch- und Taschenrechenmaschinen gehören, gibt es eine Fülle von analogen Zeichen-, Mess- und Rechengерäten. Dazu zählen beispielsweise Pantografen (Storchschnabel), Koordinatografen, Proportionalwinkel, Reduktionszirkel, Kurvenmesser, Planimeter (Flächenmesser) und die seinerzeit weit verbreiteten Rechenschieber. Mechanische Analogrechner waren auch die Gezeitenmaschine von William Thomson (Lord Kelvin) und die mächtige Integrieranlage von Vannevar Bush (MIT, Cambridge).

Viele Jahre lang gab es einen Wettstreit zwischen elektronischen Analog- und Digitalrechnern. In manchen Rechenzentren waren parallel beide Maschinenarten und teilweise auch Verbundrechner in Betrieb. Die ETH Zürich suchte für die 1963 abgebrochene, selbst gebaute Röhrenmaschine Ermeth einen Ersatz. Zusätzlich zur digitalen CDC-Anlage war auch ein Analogrechner im Gespräch. Schliesslich wurden die Analogcomputer weitgehend verdrängt, desgleichen die analogen Rechentische und die digitalen mechanischen Rechenmaschinen. Die meisten dieser Geräte sind längst in Vergessenheit geraten. Das Werk „*Meilensteine der Rechentechnik*“ vermittelt einen weltweiten Überblick über Analog- und Digitalrechner aus der Vor- und der Frühzeit der Informatik.

Schweizer Hersteller

Auch in der Schweiz gab es mehrere Hersteller von analogen Rechengерäten, z.B. Amsler (Schaffhausen), BBC (heute ABB, Baden), Contraves (Zürich), Coradi (Zürich), Güttinger (Teufen), Haag-Streit (Köniz), Kern (Aarau) und – wie der Aufsatz über den ungarischen Feuerleitrechner zeigt – Hasler (heute Ascom, Bern).

An der ETH Zürich waren viele analoge Rechenhilfsmittel im Gebrauch, es gab auch Eigenentwicklungen. 1950 schenkte BBC dem Institut für angewandte Mathematik der ETH eine analoge Integrieranlage.

Ballistik und Kryptografie

Viele riesige Analog- und Digitalanlagen sind in militärischem Auftrag entstanden oder wurden für kriegserische Zwecke benutzt, u. a. auch für den Bau der Atombombe. Sie erschienen vor allem in den 1940er und 1950er Jahren. Zu nennen sind etwa die Relais- und Röhrenrechner der Universitäten Harvard, Cambridge (Harvard mark 1/IBM ASCC), und Philadelphia (Eniac) oder die Geräte der Bell Labs (New York). Beim Ungetüm Eniac und beim Grossrechner Whirlwind (MIT) waren ursprünglich Analogrechner vorgesehen, gebaut wurden später Digitalmaschinen.

Ein wichtiger Beweggrund für manche Konstruktionen waren aufwendige ballistische Berechnungen, etwa für Geschossflugbahnen. In anderen Fällen war das Knacken von geheimen Funksprüchen die Triebfeder. Der britische Röhrenrechner Colossus diente dem Enträtseln der Geheimmeldungen, die mit der Lorenz-Schlüsselmaschine angefertigt wurden. Die elektromechanische Turingbombe kämpfte gegen die deutsche Verschlüsselungsmaschine Enigma.

Feuerleitrechner wurden auch in der Nachkriegszeit entwickelt, etwa von Telefunkon und Contraves. Ein Beispiel ist der erste Schweizer Transistorrechner namens Cora, der im Buch „Konrad Zuse und die Schweiz“ näher beschrieben wird.

Schwierige Nachforschungen

Viele Anbieter sind von der Bildfläche verschwunden. Nur wenige Geräte sind erhalten. Archive gibt es nur ausnahmsweise. Die Dokumentation wurde in der Regel entsorgt, bei militärischen Geheimnissen (fast) alles restlos vernichtet. Die meisten Zeitzeugen sind gestorben. Nachforschungen sind daher überaus beschwerlich und äusserst zeitraubend. Umso verdienstvoller sind die Bemühungen des Berner Physikers *André Masson* (Langenthal).

Es folgen zwei Aufsätze zum Thema

Mechanische Analog-Computer für schwere Flak-Kanonen.

Im ersten Fall geht es um den amerikanischen mechanischen Analogrechner Sperry. Die zweite Abhandlung ist dem ungarischen Kommandogerät Gamma-Juhasz gewidmet. Für den Inhalt (Text und Bilder) ist jeweils André Masson verantwortlich. Bei ihm liegt auch das Urheberrecht. Er hat an der ETH Zürich Physik studiert. Am Bau und an der Weiterentwicklung des Rechners Gamma-Juhasz war das Berner Unternehmen *Hasler AG* (heute Ascom) beteiligt.

Buchhinweise



Herbert Bruderer: Meilensteine der Rechentechnik. Zur Geschichte der Mathematik und der Informatik, de Gruyter Oldenbourg, Berlin/Boston 2015

Herbert Bruderer: Konrad Zuse und die Schweiz. Wer hat den Computer erfunden? de Gruyter Oldenbourg, Berlin 2012, XXVI, 224 Seiten



Herbert Bruderer

Dozent i.R. am Departement Informatik der ETH Zürich

Hinweise zu seltenen historischen Rechengeräten sind an Herbert Bruderer erbeten.

Bruderer Informatik, Seehaldenstr. 26, Postfach 47, CH-9401 Rorschach,
Telefon +41 71 855 77 11,
herbert.bruderer@bluewin.ch, bruderer@retired.ethz.ch

21. März.2015



Durch die Schweiz ab 1937 angeschafft und bei HASLER in Lizenz gebaut: Ungarisches Kommandogerät GAMMA-JUHASZ. Links die beiden Fernrohre zur Verfolgung des Fliegers.

Mechanische Analog-Computer für schwere Flak-Kanonen

ca. 1930-1945

Technische Studien ab historischen Quellen
André Masson, Langenthal



12 von 14 Mann bedienen den Flugbahn-Rechner: Deutsches Kommandogerät 36 mit aufgesetztem Telemeter. In der Bildmitte der runde „Flugrichtungstisch“.

1935 kauft die Schweizer Armee den US-Rechner SPERRY zur Probe – das war
Sechs Jahre vor dem ersten funktionsfähigen Computer der Welt (Zuse Z3)

Funktionsweise des mechanischen Analog-Rechners SPERRY (USA)

Grosse Schussdistanzen resp. lange Flugzeiten bei der schweren Fliegerabwehr erfordern zwingend eine rechnerische Unterstützung: Das optische Anvisieren des Flugzeuges liefert die Daten an den Rechner, welcher daraus denjenigen Punkt bestimmt, an dem sich Flugzeug und Geschosse treffen werden. An die Kanonen liefert der Rechner drei sich laufend verändernde Grössen: Seitenwinkel, Höhenwinkel und Tempierung (d.h. Dauer des Zeitzünders der Geschosse). In den Dreissigerjahren sind die Berechnungen in den meisten dieser „Kommandogeräte“ erst für Geradeausflüge möglich.

Die Schweiz beschaffte sich 1935 versuchsweise zwei Rechner der amerikanischen Firma SPERRY (Angaben B. Benz, Museum Dübendorf). Ein Gerät ist verschollen, das zweite steht heute im Flieger-Flab-Museum in Dübendorf. Die Erfahrungen mit diesem Gerät und den zugehörigen 7.5 cm-Kanonen VICKERS sind offenbar nicht zur Zufriedenheit verlaufen. Es wurden deshalb Versuche gemacht mit dem ungarischen Gerät GAMMA-JUHASZ, das in Stückzahlen gekauft, durch HASLER in Lizenz produziert und weiterentwickelt wurde. Ab 1944 (Modell 1943) wurden beim HASLER-Gerät neue Extrapolationen für Kurvenflüge eingebaut. Geschütze dazu: 7.5 cm-Kanonen SCHNEIDER-CREUSOT

Bilder des erhaltenen SPERRY-Gerätes im Flieger-Flab-Museum Dübendorf:

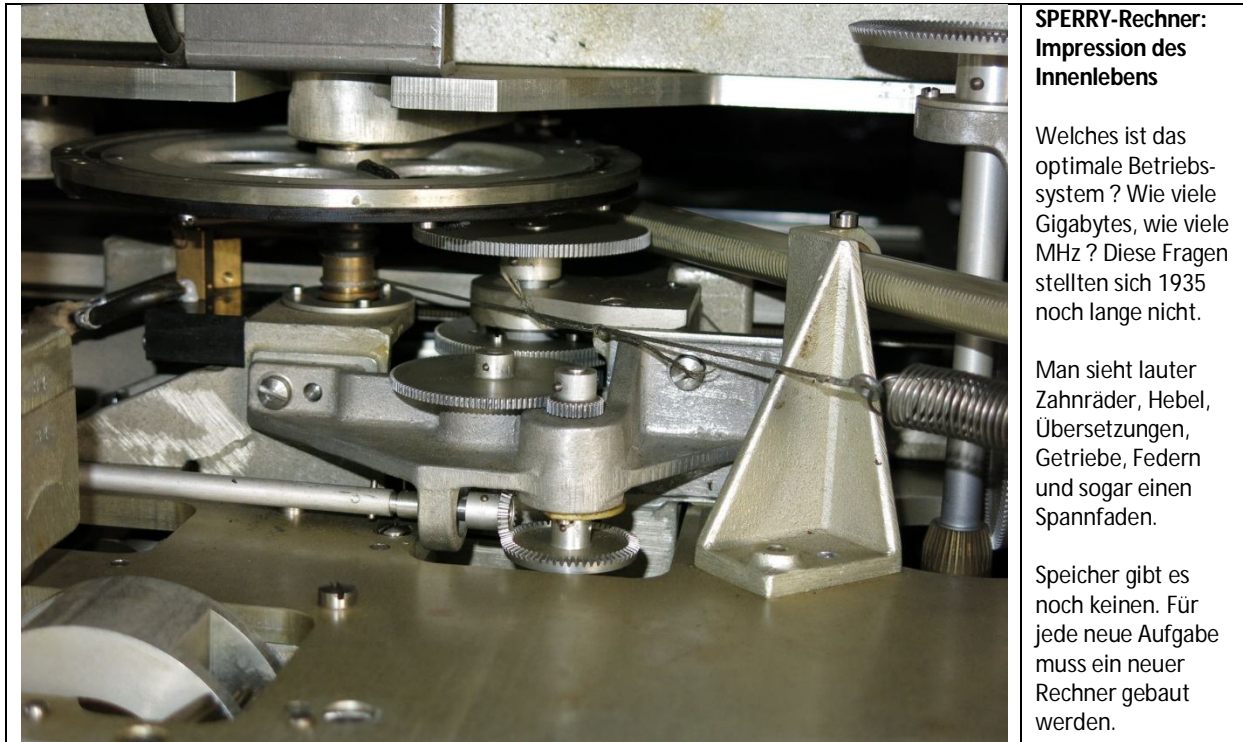


Schriftliche Unterlagen (Dokumentation, Betriebsanweisungen) zum SPERRY-Gerät haben sich im Flieger-Flab-Museum leider keine erhalten. Hingegen finden sich im Buch „Flak-Kommandogeräte“ (Oberstingenieur **Alfred Kühlenkamp**, 1943, VDI Verein Deutscher Ingenieure) (vgl. Ref. 1) ein Schema der Rechengetriebe und nähere Angaben zur mathematischen Arbeitsweise des mechanischen SPERRY-Rechners. Alfred Kühlenkamp (1901-1973) arbeitete ab 1931 bis zum Kriegsende im Heereswaffenamt für die Entwicklung von Flak-Kommandogeräten und Flak-Visieren. Die Bilder in seinem Buch zeigen, dass der ihm bekannte SPERRY-Typ glücklicherweise fast identisch ist zum erhaltenen Exemplar im Flieger-Flab-Museum Dübendorf. Ein nachfolgender SPERRY-Typ (wird in Ref. 1, p.144 als „neuzeitlich“ genannt) sieht dagegen im Aufbau ganz anders aus, auch die Arbeits- und Rechenart ist stark umgebaut worden.

Im erwähnten Buch von A. Kühlenkamp finden sich ebenfalls nähere Angaben zum deutschen Kommandogerät 36, jedoch keine Silbe zum bereits vorhandenen KdoGt 40 (bis 1942 sind davon schon 746 Stück produziert worden!). Erklärt wird auch das GB-Gerät VICKERS. Bloss summarische Angaben gibt es zum ungarischen Gerät GAMMA-JUHASZ, zum französischen AUFLÈRE und OPL, zum

tschechischen ŠKODA (welches die Russen als PUAZO kopiert haben) und zum holländischen HAZEMEYER. Das waren in der Regel im Krieg erbeutete und untersuchte Geräte. Die detailliert beschriebenen Geräte SPERRY, KdoGt 36 und VICKERS unterscheiden sich in der mathematischen Arbeitsweise und in der praktischen Konstruktion beträchtlich. Im Flieger-Flab-Museum Dübendorf hat es noch zahlreiche Unterlagen zum GAMMA-JUHASZ (spätere Produktion HASLER). Das deutsche Kommandogerät 40 wird im Aufbau und mitsamt Funktionsschema beschrieben in Ref. 3, p. 60-63

Ein Menschenleben vor unserer Zeit sieht die Rechner-Architektur noch sehr anders aus als heute!



**SPERRY-Rechner:
Impression des
Innenlebens**

Welches ist das optimale Betriebssystem? Wie viele Gigabytes, wie viele MHz? Diese Fragen stellten sich 1935 noch lange nicht.

Man sieht lauter Zahnräder, Hebel, Übersetzungen, Getriebe, Federn und sogar einen Spannfaden.

Speicher gibt es noch keinen. Für jede neue Aufgabe muss ein neuer Rechner gebaut werden.

Zum Verständnis der Funktionsweise des mechanischen Rechnens ist es unerlässlich, vorerst das Prinzip des „**Folgezeigers**“ zu kennen:

Bedienung des Rechners – fast durchwegs am Folgezeiger

Frühe Rechner benötigten bis zu 12 Mann, welche laufend aktuelle Werte einzustellen hatten (Kommando-Hilfsgerät 35, Kommandogerät 36). Später wurde der Personalbedarf reduziert. Alle Leute am Rechner mussten „ihre“ Variable (Distanz, Winkel etc.) laufend aktualisieren: per Handrad war ein rotierender Messzeiger so einzustellen, dass er stets in Übereinstimmung blieb mit einem vorgegebenen, durch die Maschine bewegten Zeiger. Die Folgezeiger hatten zuäusserst eine feste numerische Skala zur Ablesung des Wertes, dann einen mittleren, drehbaren Ring mit Marke, und ein inneres, drehbares Zentrum, ebenfalls mit Markierung. Von den beiden beweglichen Teilen (Ring / Zentrum) wird das Zentrum durch den Rechner vorgegeben, und das Bedienpersonal muss mit einem Handrad den Ring stets so einstellen, dass immer genau „Marke auf Marke“ liegt.

Anfänglich wundert man sich, wieso die Mannschaft mittels Handrädern immer wieder Variablen einzugeben hatte, welche das Gerät bereits kennt. **Es gibt keine andere Tätigkeit am SPERRY, als**

stets „Marke auf Marke“ zu halten – wenn man von den Fernrohren absieht, die das Flugzeug (in der Seite und in der Höhe) ja ebenfalls immer im Fadenkreuz halten müssen.



Flughöhe (rechts) und Lagewinkel (links) müssen am Rechner andauernd von Hand „nachgeführt“ werden. Rechts unten das Handrad zur manuellen Nachführung der Flughöhe, welche im Gerät bereits bekannt ist (Eingang vom Telemeter her).



Am Geschütz: Der Kanonier stellt die Höhe des Rohres ein, gemäss den Vorgaben des Rechners: Die Marke auf der zentralen Scheibe muss auf die Marke des mittleren Ringes zu liegen kommen. Links Grob-, rechts Feinbereich. Eingestellter Wert am Ring: 474 Promille

Verständnis und Interpretation dieser „Nachführungen“:

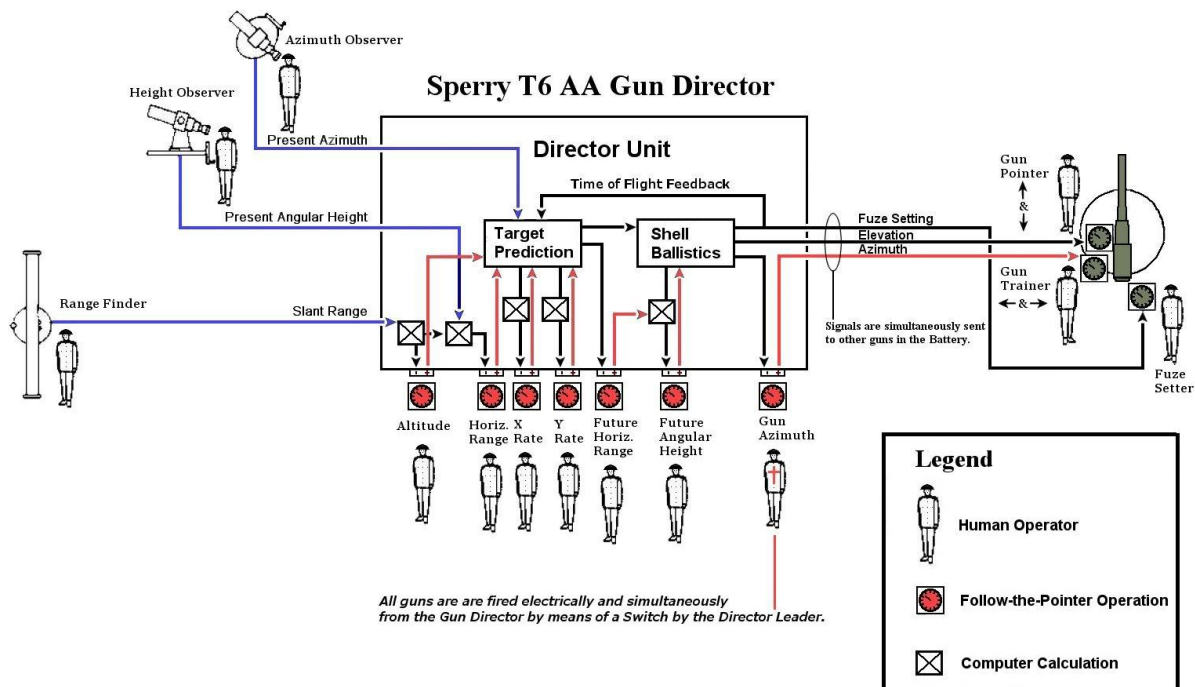
- Es ist eine einfache Tätigkeit, die womöglich auch unter Stress gelingt. Die benötigte Bewegung geht vom Auge direkt in die Hand, man braucht dabei nicht zu „denken“.
- Die einzelnen Variablen werden durch das Rechenwerk in zahlreichen, hintereinander liegenden mechanischen Getrieben verarbeitet. „Von Hand“ kann oder muss immer wieder **mechanische Kraft** in den Rechenprozess eingespeist werden. Die elektrische Synchron-Übertragung vom Telemeter zum Kommandogerät, und von letzterem zu den Geschützen liefert nur das Signal allein, aber nicht die nötige Kraft, um die nachfolgenden Prozesse wirklich durchzuführen. Genauigkeit, Schlupf (bei den Integratoren), Reibung und benötigte Kraft hängen miteinander zusammen.
- Wahrscheinlich ist der Mensch bei seiner „Nachführung“ in der Lage, allerlei **Schwingungen und Ruckelbewegungen** automatisch auszugleichen und zu glätten. Womöglich erlauben erst diese „leeren“, scheinbar unnötigen Handeingriffe eine genauere Rechnung (das liesse sich nur beurteilen, wenn man ein voll angeschlossenes und in Betrieb stehendes Gerät sähe).
- Wird an einem Handrad eine bestimmte Grösse „nachgeführt“, so ist es nicht immer so, dass die Bewegung des Handrades die dort bezeichnete Grösse verändert – per Nachführung mag auch eine ganz andere, bisher unbekannte Grösse im richtigen Wert **gefunden** werden. So kann zwischen Handrad und Nachfolgezeiger eine **mathematische Operation** eingebaut sein: der (unbekannte) Eingang ist dann richtig, wenn der (bekannte) Ausgang korrekt eingestellt ist. Der Operator kann durch die Nachführung des Folgezeigers also **eine bisher unbekannte Grösse richtig finden**. Beispiel beim Sperry-Rechner (siehe in der nachfolgenden Beschreibung): Auffinden der unbekannten Kartendistanz zum Flugzeug durch korrekte Nachführung des bereits bekannten Lagewinkels (Vertikalkwinkel zum Flugzeug). Der Mann hat das Gefühl, er führe den Lagewinkel nach, aber in Tat und Wahrheit schraubt er an der Kartendistanz herum. Der Rechner sorgt rein mechanisch dafür, dass die Gleichung $[\tan \gamma = \text{Höhe} / \text{Horizontaldistanz}]$ jederzeit stimmt, und der Operator muss durch manuelles Verändern der Horizontaldistanz ein solches γ erhalten, das mit dem optisch gemessenen Wert im Zielfernrohr übereinstimmt – jetzt entsprechen alle drei Variablen dem gegenwärtigen Zustand. Natürlich müssen sämtliche Grössen laufend dem Flug nachgeführt werden.

In späteren Jahren ist die „Nachführung“ immer mehr durch **elektrische Lösungen** automatisiert worden, was Bedienungspersonal einspart. Beim hier besprochenen SPERRY-Typ wird nur eine

einzig Grösse (in zwei Komponenten) automatisch nachgeführt. Die elektrische Nachführung scheint heikel zu sein, weil es Schwingungen geben kann, weil die Nachführung genau und dennoch schnell sein sollte, und weil (gemäss Ref. 1, p. 116) im stromlosen Zustand durch Hand-Manipulationen die empfindlichen elektrischen Kontakte (mit Abständen von Zehntels-Millimetern) nicht verdorben werden dürfen. Der SPERRY-Rechner hat allerdings eine ganz andere Nachführung, es sind keine Zehntels-Millimeter-Kontakte vorhanden, wie in den Schemas von Ref. 1, p. 113-115 gezeichnet.

Bei einem der SPERRY-Vorgänger-Typen T6 (das CH-Gerät ist vielleicht T8, unsicher) haben allein am Rechner sieben Mann je einen Folgezeiger bedient (engl.: **follow the pointer**) und per Handrad eine Grösse eingestellt, die der Rechner bereits kennt. Dazu kamen drei Mann für Azimuth-, Höhen- und Distanzmessung, plus pro Geschütz drei Mann, welche Azimut, Richthöhe und Zünder einstellen – **alles mit Folgezeigern** (Illustration ab Internet gefunden). Deutlich sieht man hier die interne Rückkoppelung der Geschoss-Flugzeit: **Der Treffpunkt wird erst gefunden, wenn die Flugzeit der Geschosse bekannt ist – und um die Flugzeit zu finden, benötigt man den Treffpunkt.**

<http://web.mit.edu/STS.035/www/PDFs/sperry.pdf>



Funktionsbeschreibung des SPERRY-Gerätes (ev. T8, durch die schweizerische Armee Versuchsweise angeschafft 1935):

Jeder „Strich“ im folgenden Schema bedeutet eine **sich drehende Welle**, welche einer Variablen entspricht. Die Variable kann durch den Drehwinkel der Welle oder durch ihre Umdrehungsgeschwindigkeit dargestellt werden. An beiden Enden sind oft Zahnräder, um die Information um die Ecken herum an die nächsten Stufen zu übertragen.

Rechtwinklige Koordinaten (Ost/West, Nord/Süd, Höhe) werden in **Grün** markiert

Polare Koordinaten (Winkel, Distanz) werden in **Rot** markiert

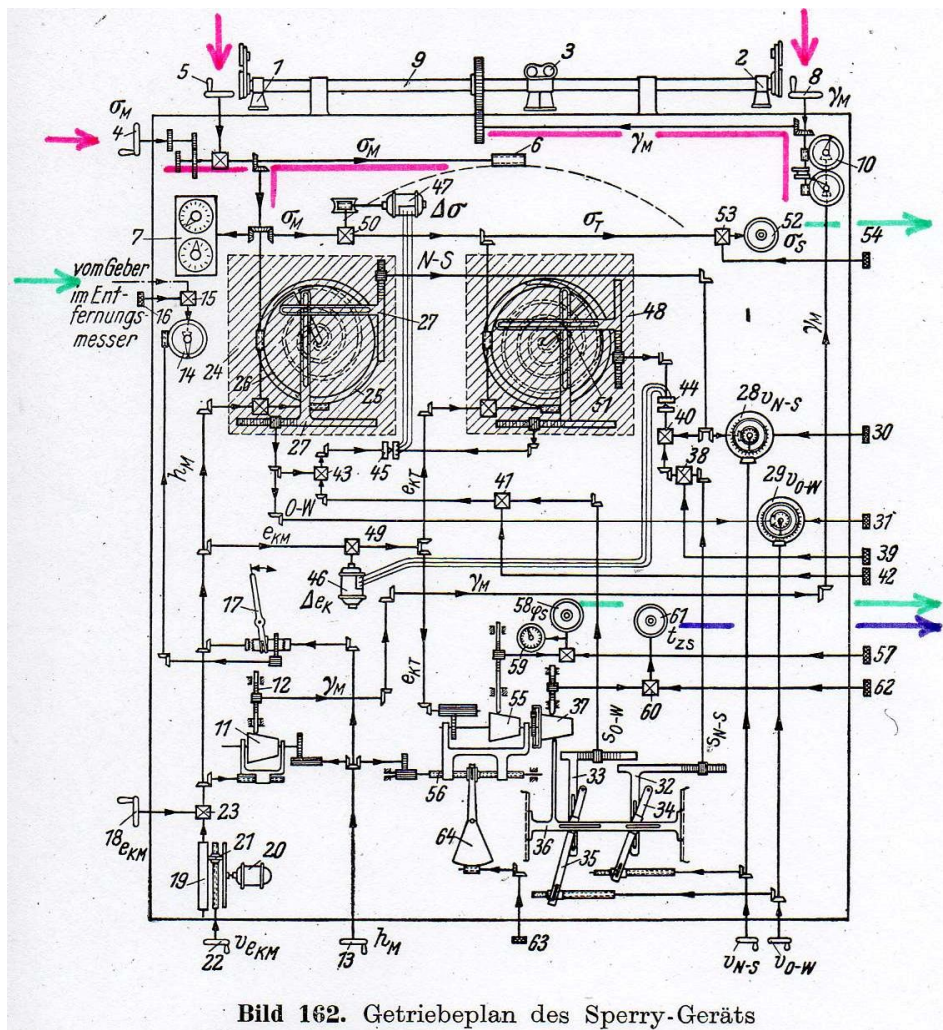
Zeiten werden in **Blau** markiert.

Ein kleines **Quadrat mit Diagonal-Kreuz** bedeutet **Addition** der zugeführten Grössen.

Abkürzungen: **HR** für Handrad **FZ** für Folgezeiger

Variablen mit tiefgestelltem M bedeuten im Schema stets „... für den Messpunkt“, für das Flugzeug.
 Variablen mit tiefgestelltem T bedeuten im Schema stets „... für den Treffpunkt“, vor dem Flugzeug.
 Das Funktions-Schema des SPERRY-Rechners stammt aus Ref. 1, p. 139.

A) In / Out - Die Anschlüsse des Rechners an die Umgebung



Eingabe von Daten:

HR 4 (fein, zwei Geschwindigkeiten) und 5 (grob): Einstellung des **Seitenwinkels**, das ganze (schwere!) Gerät wird über die Schnecke 6 seitlich zum Flugzeug gedreht, dann der Flugzeugbewegung fein nachgerichtet. Der Beobachter steht am **Fernrohr 1** und folgt dem Ziel in der Seite, d.h. im Azimut. Die Blickrichtung ins Fernrohr ist stets horizontal, auch bei hoch stehendem Flugzeug.

HR 8: Einstellung des **Höhenwinkels**. Der Beobachter steht am **Fernrohr 2** und folgt dem Flugzeug der Höhe nach. Die Bewegung des HR 8 wird einerseits zur Anzeige FZ 10 gebracht (grob und fein), andererseits wird gleichzeitig mit dem Handrad die Welle 9 in der Höhe gedreht, auf der alle drei Fernrohre sitzen. Fernrohr 3 in der Mitte dient dem Schiessleitenden zur Beobachtung der Schüsse; er wird gegebenenfalls Hand-Korrekturen veranlassen.

Das **Telemeter** ist ein stereoskopischer optischer Entfernungsmesser. In der Schweiz waren Röhren mit 3 Metern Basislänge üblich, in Deutschland auch grösser bis 4m und 6m, ja selbst 8m und 12m wurden bei Zeiss produziert. Beim SPERRY wird erstaunlicherweise nicht die Distanz, sondern die **Flughöhe** dem Rechner übermittelt und am FZ 14 gross zur Anzeige gebracht. Das Telemeter verfügt selber über Seitenwinkel, Höhenwinkel und Distanz, und kann deshalb die Höhe des Flugzeuges ohne weiteres ausrechnen (ab 1942, vorher Zurufen der Distanz). – In der Schweiz steht das Telemeter traditionell separat auf einem Stativ. In Deutschland und Frankreich waren die Telemeter fest mit dem Rechengerät verbunden - durch die langen Röhren wird der Rechner schwerer und sperriger gegen Drehungen, aber von schnellen Düsenflugzeugen war damals ja noch nicht die Rede.

Beim Gerät GAMMA-JUHASZ, beim britischen VICKERS, beim ŠKODA waren die Telemeter stets getrennt auf einem eigenen Stativ aufgebaut. Es gibt Fotos (siehe später, p.14), wonach auch in der Schweiz Versuche gemacht wurden, das aus dem GAMMA-JUHASZ folgende GAMMA-HASLER-Gerät direkt mit dem Telemeter zu kombinieren, und alles auf einen schweren Anhänger zu stellen. Bei der Truppe gab es nie derartige Ausführungen. Eine Direktmontage auf dem Rechner bedeutet, dass die gemessene Entfernung zum Flugzeug sowie eingestellte Winkel automatisch vom Rechner übernommen werden (es braucht keine Kabel mehr, weniger Bedienungspersonal).

Ausgabe von Daten:

Vom Geber 52 her geht der **Seitenwinkel** zu den Geschützen, ab Geber 58 der **Höhenwinkel** mitsamt der nötigen ballistischen Rohrerhöhung, und ab Geber 61 die **Tempierung** (Zeitverzögerung für den Zünder des Geschosses). Technische Ausführung der Datenübertragung: siehe Bild unten, p.13.

Das Gerät hat zahlreiche Möglichkeiten zur manuellen **Nachverbesserung** der Schusslage. Sie werden hier nicht besprochen, da sie einerseits zum prinzipiellen Verständnis des mechanischen Rechenvorganges nicht wichtig sind, und zudem leicht verständlich (abgesehen von der Windkorrektur). In der Reihenfolge der Anordnung im Schema bedeuten die Hand-Korrekturen:

54 Seitenverbesserung	30 Wind N/S	31 Wind E/W
39 Parallaxe N/S	42 Parallaxe E/W	57 Höhenverbesserung Treffpunkt
62 Tempierungskorrektur	63 Parallaxe Höhe	16 Höhenkorrektur Flugzeug

Parallaxe: Das Rechengerät steht nicht mitten in den Geschützen, sondern wenige hundert Meter daneben, ev. auch höher oder tiefer. Die Korrekturmöglichkeit der Parallaxe in der Höhe wurde am Museums-Gerät in Dübendorf bisher nicht gefunden.

B) Ermittlung der Position des Flugzeuges: Polare > Rechtwinklige Koordinaten N/S und E/W

Der unveränderte, ab Fernrohr ermittelte Seitenwinkel zum Flugzeug dreht über eine Schnecke die eine Scheibe mit dem Azimut-Schlitz des **Koordinaten-Wandlers** 25-27 (vgl. Bild, p. 11). Die darunterliegende Scheibe mit der eingravierten Distanz-Spirale wird über die Kartendistanz e_{km} (Projektion auf die Geländeebene) eingestellt, welche mit HR 18 und 22 gefunden wird. Beim Koordinatenwandler gibt die Spirale eine lineare Beziehung zwischen Kartendistanz (Drehwinkel der Scheibe) und Lokalabstand der eingravierten Rille zum Zentrum hin. Ein Zapfen, der durch alles hindurchgeht, zwingt die beiden Schieber der rechtwinkligen Koordinaten auf ihre korrekte Position, so dass die Koordinaten Ost/West und Nord/Süd abgelesen und weiterverwendet werden können. Die lineare Verschiebung

der beiden Arme 27 wird per Zahnstange und Zahnrad gleich wieder in eine Drehbewegung umgewandelt, die zu weiteren Getrieben geführt wird.

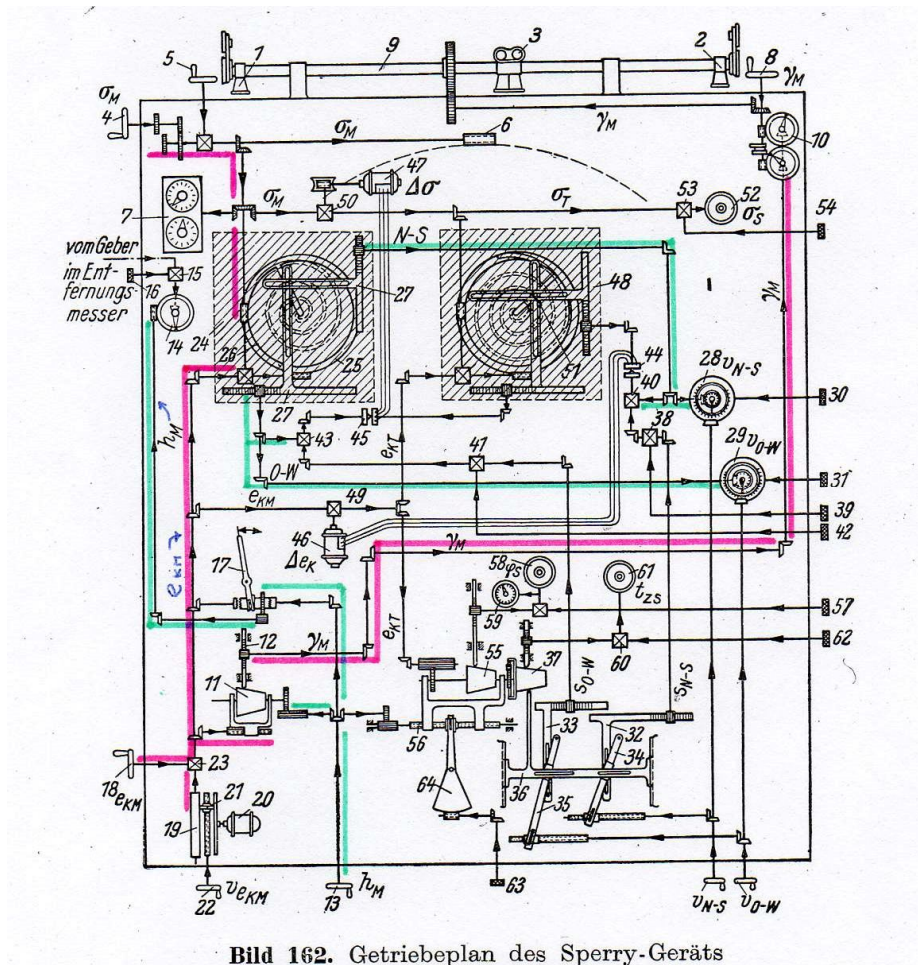


Bild 162. Getriebeplan des Sperry-Geräts

Zur Ermittlung der Kartendistanz wird eine raffinierte, abenteuerliche Lösung gewählt. Wenn γ_m (Gamma) der Lagewinkel zum Flugzeug ist, und e_{km} die Kartendistanz zum Flugzeug, h die Flughöhe, so gilt immer: $\tan \gamma_m = h / e_{km}$. Mit dieser Beziehung wird e_{km} ermittelt: Die Flughöhe h ist vom Telemeter her bekannt und wird mit dem HR 13 nochmals neu eingestellt (FZ 14). Hebel 17 ist eine Umschaltung zwischen Luft- und Seezielen (hier nicht besprochen). Die am HR 13 eingestellte Höhe h dreht dabei den **Formkörper** 11, welcher horizontal durch die (noch unbekannte) Kartendistanz e_{km} verschoben wird. Der Formkörper 11 löst jetzt die gesamte Gleichung $\tan \gamma_m = h / e_{km}$ auf, so dass der Abtaststift 12 als Abstand von der Drehachse den Höhenwinkel γ_m ergibt (Formkörper: siehe Bilder unten, p. 12). Die Verschiebung des Abtaststiftes 12 wird mit Zahnstange/Zahnrad in eine Drehbewegung umgewandelt. Der gefundene Höhenwinkel γ_m wird mit den beiden HR 18/22 im FZ 10 dem per Fernrohr gemessenen Höhenwinkel γ_m angepasst – und damit ist die Kartendistanz e_{km} korrekt gefunden worden! Der Formkörper 11 vereint eine trigonometrische Funktion und eine Division (Funktionstabelle dreier Variablen).

Die gefundenen rechtwinkligen Koordinaten gehen einerseits in die Tacho-Generatoren 28 und 29, wo die rechtwinkligen **Geschwindigkeitskomponenten** des Flugzeuges ermittelt werden. Die Tacho-Generatoren sind eine Art Uhrwerk: eine feste Zeit lang wird die Weg-Zunahme ermittelt, die proportional der Geschwindigkeit ist. Andererseits werden die Flugzeug-Koordinaten auch gebraucht, um in der Addition (40, 43) die jeweilige **Vorhaltestrecke** (E/W, N/S) dazuzuzählen, was die Koordinaten

des **Treffpunktes** ergibt. Die werden dann wieder in Polarkoordinaten umgewandelt, mit dem zweiten Koordinatenwandler 48.

Mit HR 18 wird die Karten- oder Horizontalabstand verstellt. Um beim Flug nicht andauernd drehen zu müssen, wird mit HR 22 die Distanz-Veränderungsgeschwindigkeit (Annäherung oder Entfernung, nicht die Flugzeuggeschwindigkeit) eingestellt – welche mit einem **Scheiben-Integrator** schliesslich zur Horizontalabstand aufsummiert wird, und zwar so: Der Motor 20 treibt mit konstanter Geschwindigkeit eine runde Scheibe an, hier seitlich gesehen. Darauf angedrückt liegen zwei Kugeln oder eine drehbare Mess-Scheibe, welche mit dem HR 22 mehr oder weniger weit vom Drehzentrum eingestellt wird, mittels Spiralgewinde. Die Kugeln oder die Mess-Scheibe teilen ihre Drehung der Walze 19 mit, welche schneller dreht, wenn die Kugeln weiter aussen sind. Distanz-Zunahme oder –Abnahme sind beide möglich, da die Kugeln im umgekehrten Sinne drehen, wenn die Drehachse des Motors überschritten wird. Der Bedienungsmann muss nur noch die sich langsam ändernde Radialgeschwindigkeit nachstellen. Ob die verlangte Angleichung des Lagewinkels mit **zwei** HR einfach zu bewerkstelligen ist, könnte nur die Praxis zeigen. HR 18 entspricht einer Integrationskonstanten.

C) Ermittlung der Vorhaltstrecke und des Treffpunktes: Wie weit fliegt das Flugzeug während der Geschossflugzeit ? Rechtwinklige Koordinaten

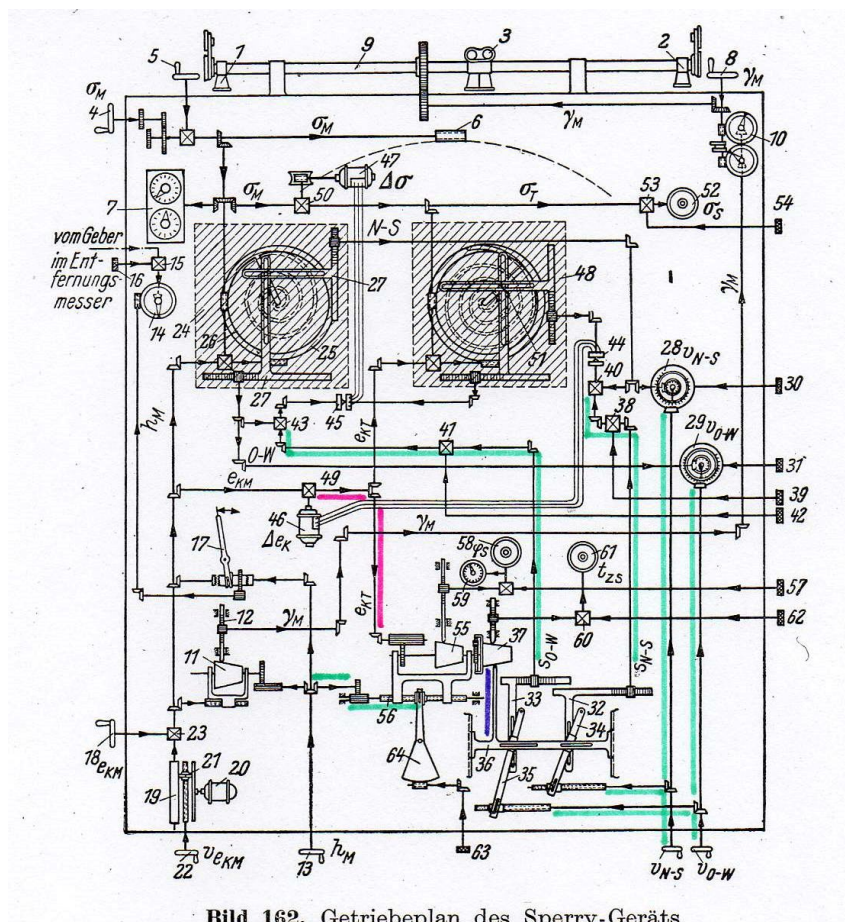


Bild 162. Getriebeplan des Sperry-Geräts

Geschwindigkeit mal Zeit gibt Wegstrecke: In den Multiplikatoren 32 bis 36 wird komponentenweise die Flugzeuggeschwindigkeit (Handeingabe nach FZ) multipliziert mit der Flugzeit der Geschosse – das ergibt die **zusätzliche Flugstrecke** des Flugzeuges bis zum Treffpunkt (Geradeausflug angenommen). Die Flugzeit der Geschosse wird der unteren Hälfte des Formkörpers 37 abgenommen, welcher längs der Achse durch die Flughöhe verschoben wird, und in der Rotation durch die Kartendistanz e_{kt}

bis zum Treffpunkt. Formkörper 37 wird gegenüber Formkörper 55 nur mit halbem Winkel verdreht bei einer Änderung der Kartendistanz. Zu jedem Paar Flughöhe / Kartendistanz muss (wohl aus theoretischer Berechnung ?) die Geschossflugzeit bekannt sein, damit sich der Formkörper herstellen lässt.

Der Ausgang der beiden Multiplikatoren entspricht der Wegstrecke des Flugzeuges während der Geschossflugzeit. Diese Wegstrecke wird komponentenweise in den Summatoren 40 und 43 addiert zur gegenwärtigen Position des Flugzeuges – bei dieser Addition entstehen die Koordinaten des prognostizierten **Treffpunktes**. Auf diesen Punkt werden die Kanonen ausgerichtet.

D) Umwandlung des Treffpunktes: Rechtwinklige > polare Koordinaten, Ausgabe an die Geschütze
Tempier-Information an die Geschütze

Die Geschütze brauchen aber Winkel, und nicht rechtwinklige Koordinaten. Im Seitenwinkel (Azimut) kann der berechnete Vorhalt nicht einfach addiert werden. Deshalb müssen die Polarkoordinaten neu errechnet werden aus den karthesischen Komponenten. Leider funktionieren die Koordinatenwandler nicht in der Richtung von der karthesischen zur polaren Form – das bedingt einen Umweg. Im **zweiten Koordinatenwandler** 48 werden (vorerst provisorische) Werte für Azimut und Distanz zum Treffpunkt eingegeben. Die daraus errechneten karthesischen Koordinaten E/W, N/S werden bei 44 und 45 verglichen mit den bereits bekannten korrekten Werten des Treffpunktes: der Eingang der Koordinatenwandler wird durch **zwei Motoren** 46 und 47 so lange verändert, bis die karthesischen Werte am Ausgang richtig sind. In diesem Moment ist der Eingang (Polarkoordinaten zum Treffpunkt) auch korrekt. Der Vergleich von Istwert und Sollwert erfolgt durch eine elektrische Nachführung (punktirt). Die beiden Motoren ersetzen zwei Bediener, die an zwei FZ dasselbe machen würden.

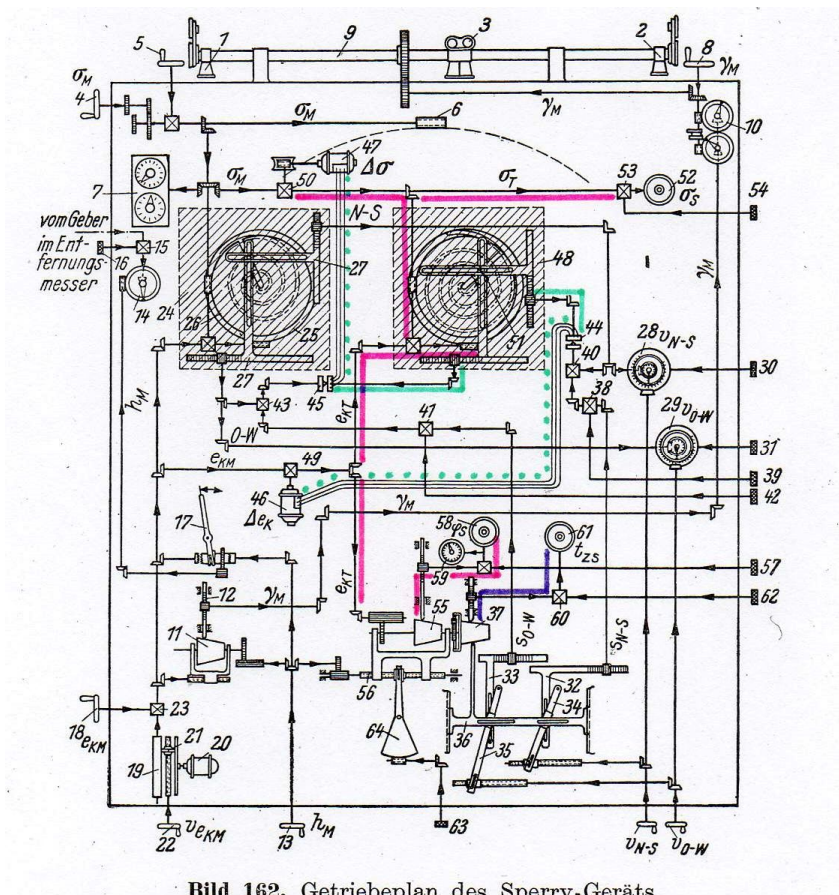
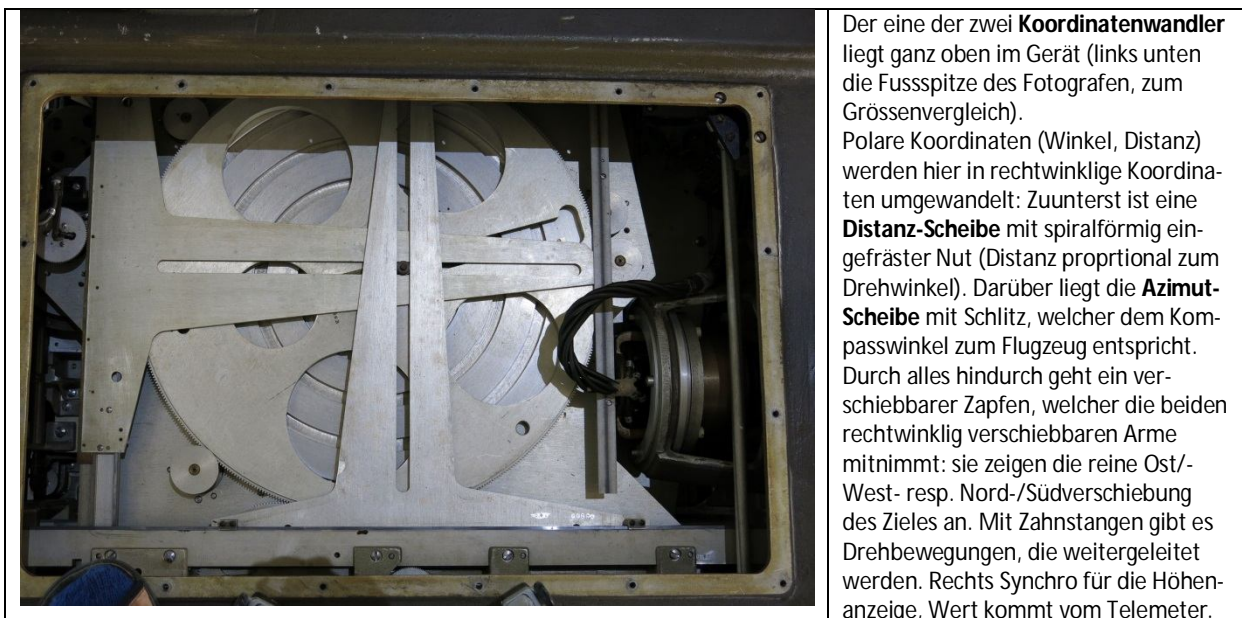


Bild 162. Getriebeplan des Sperry-Geräts

Allerdings ist die Nachführung hier heikel, denn **beide** zu findenden Werte (Distanz und Azimut zum Treffpunkt) beeinflussen je **beide** kartesischen Koordinaten E/W, N/S! Die zwei Mann am FZ würden einander gegenseitig stören. Die elektrische Nachführung ist **deutlich komplizierter** ausgeführt, als im dargestellten Schema von A. Kühlenkamp dargestellt, wo der Motor 47 für die Nachführung des Azimutes einzig von der E/W-Komponente her gesteuert wird, der Motor 46 für die Distanz allein von der N/S-Komponente. Die beiden Motoren, die im Ausgang zwar nur je eine Grösse verändern, nehmen sich in Tat und Wahrheit den Eingang – je nach Lage des Treffpunktes – einmal von dieser Quelle (Vergleich der E/W-Komponente), einmal von der anderen Quelle (Vergleich der N/S-Komponente). Das geht hervor aus der **US-Patentschrift 2'065'303** aus dem Jahre 1933 resp. 1936 (Anmeldung resp. Publikation des Patentes ?). Die dort publizierte elektrische Ansteuerung der Nachführmotoren wird weiter unten **im Anhang** gezeigt, p.14/15: **Zahlreiche Relaiskontakte** beeinflussen den Informationsfluss der elektrischen Nachführung! Es gibt sogar eine Hysterese, damit die Motoren bei speziellen Lagen des Flugzeuges nicht zu viel umschalten von einer Quelle zur anderen.

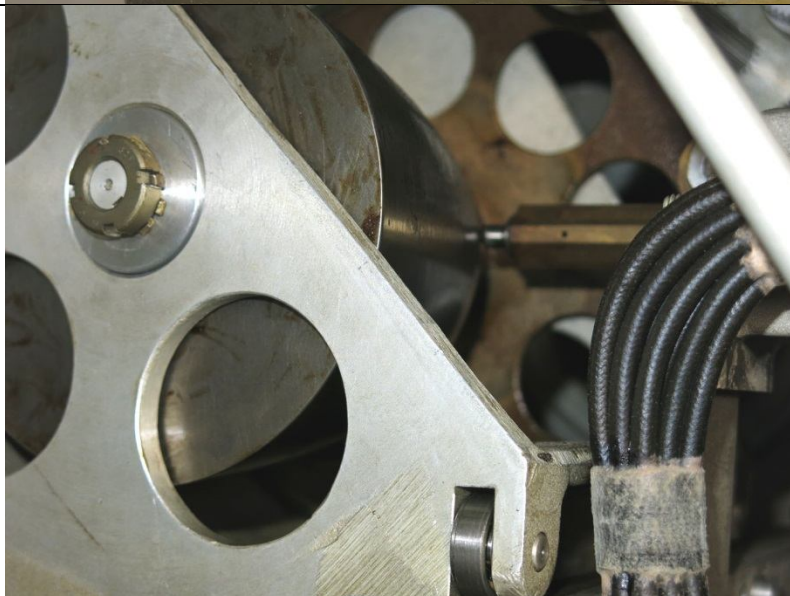
Der gefundene Seitenwinkel wird direkt zu den Geschützen übermittelt mit dem Geber 52. Die Distanz zum Treffpunkt geht zu den Formkörpern 55 und 37, welche (zusammen mit der Flughöhe) die Rohrelevation inkl. ballistischer Erhöhung ausrechnen (das „Fallen“ der Geschosse während der Flugzeit muss kompensiert werden, Körper 55), sowie die Geschoss-Flugzeit zur Vorhaltberechnung (Körper 37 unten), und die Tempier-Informationen zum Einstellen der Zünder (Körper 37 oben).

Bilder zum Kommandogerät SPERRY:





Ein **Formkörper** (Bildmitte, hinter dem Lochblech) ist eine präzise ausgefräste dreidimensionale Tabelle aus Stahl. Sie ist rotierbar (erste Variable), gut sichtbar sind auch die Kugellager zur Längs-Verschiebung (zweite Variable). Abgegriffen wird das „Resultat“ horizontal mit einem ortsfesten, auf die Oberfläche drückenden Stift, der im nächsten Bild besser gezeigt wird: Abstand von der Drehachse = dritte Variable. Darüber das Additionsgetriebe des übernächsten Bildes, wo eines der inneren Zahnräder sichtbar ist. Schräge Zuführung des einen Summanden. Im ganzen Rechner werden gemäss dem Schema von A. Kuhlenskamp total 13 Additionsgetriebe benötigt. Was hier addiert wird, konnte nicht ermittelt werden.

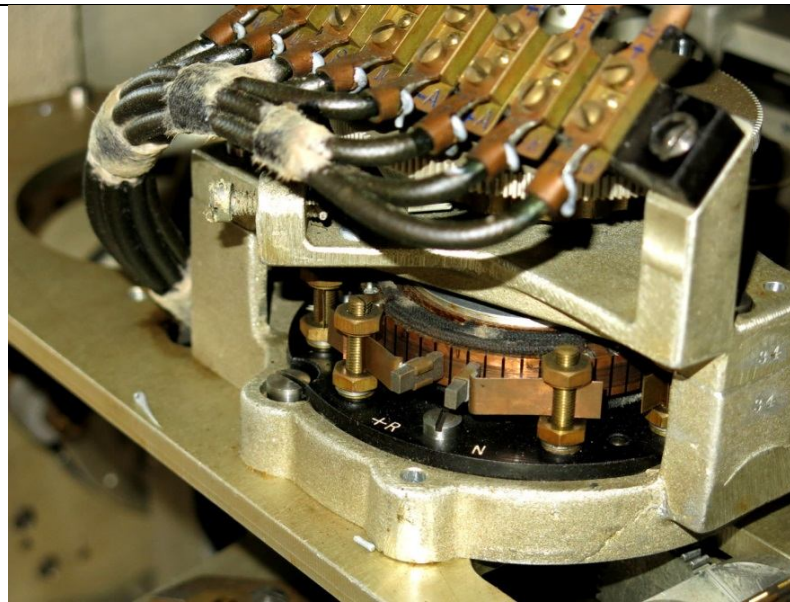


Die Oberfläche des **Formkörpers**, etwas seitlich gesehen. Hinten leicht unscharf der Stift, der zu den beiden Variablen Rotation und Längsverschiebung die passende dritte Variable abgreift. Sofern dieser Rechner dem von A. Kuhlenskamp 1943 publizierten Schema entspricht, löst der Formkörper die Gleichung: Flughöhe (Rotation) durch Horizontaldistanz (Verschiebung) gleich Tangens des Höhenwinkels; letzterer wird mit dem Stift abgegriffen und von Hand gleich eingestellt wie der gemessene Fernrohr-Höhenwinkel – damit ist die Horizontaldistanz gefunden. H steigt: Drehung im Gegenuhrzeigersinn. Distanz steigt: Formkörper nähert sich dem Beobachter. Unter dem Formkörper (s. oben) ist eine Heizung, davor die Wasserwaage.



Ein **Additionsgetriebe**, das einfacher herzustellen ist als das klassische Differentialgetriebe.

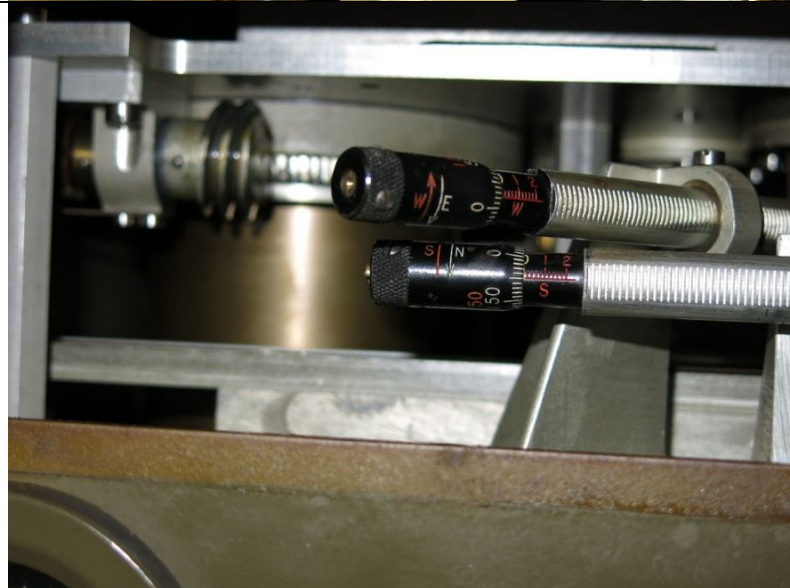
Im Inneren des hellen, runden, selber rotierenden Gehäuses sind zwei Zahnräder (hier nicht sichtbar), je mit einem der kleinen Peripherie-Räder im Eingriff stehend. Die beiden Summanden werden achsial eingeführt, vorne sichtbar, hinten knapp – die Summe besteht in der Rotation des runden Gehäuses.



Unten, auf beweglichem Rad:
Elektrische Kontakte, mit denen sich die beiden **Nachführmotoren** selber die passende Eingangsvariable suchen (Koordinaten Nord/Süd oder Ost/West), nach denen sie die Ausgänge (Distanz, Azimut) nachregeln.

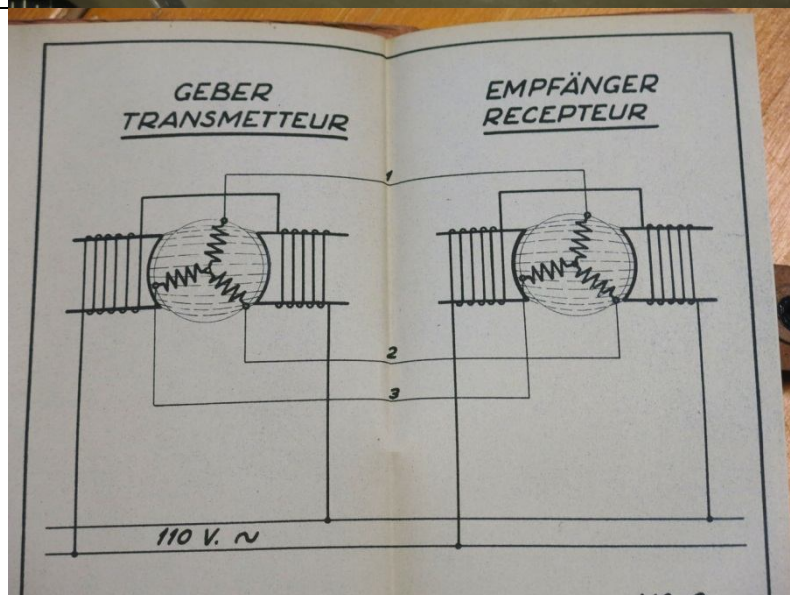
Vgl. das Schema aus der Patentschrift, weiter unten im Anhang, p.15. Es muss sich um die einander überlappenden Abgreifkontakte handeln, etwa in der Mitte der Zeichnung p.15.

Das ist eine effizientere Lösung als sie im Schema von A. Kühlenkamp gezeichnet ist (das sich allerdings bloss auf den mechanischen Informationsweg beschränkt).




Einstellung der **Parallaxe**, d.h. der horizontalen Entfernung zwischen Geschützen und dem Commandogerät. Die Geschütze müssen in eine andere Richtung zielen, als vom Rechner her ermittelt. Die Ost-/West- und die Nord-/Süd-Komponente ist je separat einstellbar. Die Einstellung für die unterschiedliche Höhe wurde (noch) nicht gefunden. Durchmesser der Handgriffe knapp ein cm. Diese Einstellungen sind unter einem abschraubbaren Deckel verborgen, sie müssen erst nach einem Stellungswechsel neu eingestellt werden.

Die Einstellung der Parallaxwerte erfolgt mit den Korrekturknöpfen 39 und 42 im Schema – hier sind sie. Links oben: Die Schnecke verstellt den Winkel eines grossen Rades.



Elektrische Synchron-**Übertragung von Drehwerten** zu den Geschützen, oder vom Telemeter zum Kdo.gerät (Bild aus den Unterlagen Dübendorf zu GAMMA-JUHASZ, Anpassung an CH-Sprachen). Die 3 Rotorspulen (beim Geber aktiv eingestellt) bleiben auf beiden Seiten parallel. Beim SPERRY wird es ähnlich sein (ebenfalls 5 Kabel pro Kanal). Nur Signal wird übertragen, keine Kraft!! - In Ref. 3 ist auf p.41 ein MIWIKOG-Kdo.gerät abgebildet, bei welchem das abgehende Kabel angeschrieben ist mit: „**Torsionskabel zur Datenübertragung**“ – eine mechanische Lösung! (plus elektrische Leitungen für Beleuchtung, Telefon). MIWIKOG ist von K. Papello konstruiert worden, ev. 1937 oder früher. Ev. Abkürzg. für Militärisches Winkel-Kommando-Gerät.

	<p>Versuchsgerät Gamma-Hasler 43 auf Anhänger. Diese Form mit direkt aufgesetztem Telemeter war nie bei der Truppe in Verwendung. Seiten- und Höhenwinkel zum Flugzeug sowie Distanz (oder ev. Flughöhe) werden direkter an den Rechner angekoppelt als beim frei stehenden Telemeter.</p> <p>Später kam eine Version Gamma-Hasler 43/50 RS mit Bezug von Radar-daten (anstelle des Telemeters) ab Englischem Radargerät „Mark VII“. Das war der Vorgänger des elektronischen Analogrechners „Fledermaus“ und „Superfledermaus“ von Siemens-Albis (ca. ab 1963).</p>
---	--

Anhang mit besonderen Einzelthemen:

- Elektrische Nachführung bei der Umwandlung der Koordinaten im Gerät SPERRY
- Unklares zur Munition, zur Einstellung der Anfangsgeschwindigkeit beim SPERRY
- Wie werden die Geschütze geladen ? Einstellung des exakten Zeitbedarfes
- Kurvenflug
- Vergleich zwischen Kommandogeräten unterschiedlicher Hersteller
 - A) Produzierte Geräte - dokumentierte Typen
 - B) Mechanische Elemente und verwendete Bausteine, Vergleich
 - C) Unterschiedliche mathematische Modelle zum Finden des Treffpunktes
 - D) Blick ins Innenleben des GAMMA-JUHASZ
 - E) Getriebeplan des Deutschen KdoGt 36 und des britischen VICKERS PREDICTOR
- Der Rechner in der ganzen Flab-Batterie (für Flab-Laien)
- Literatur

Elektrische Nachführung bei der Umwandlung von karthesischen zu polaren Koordinaten

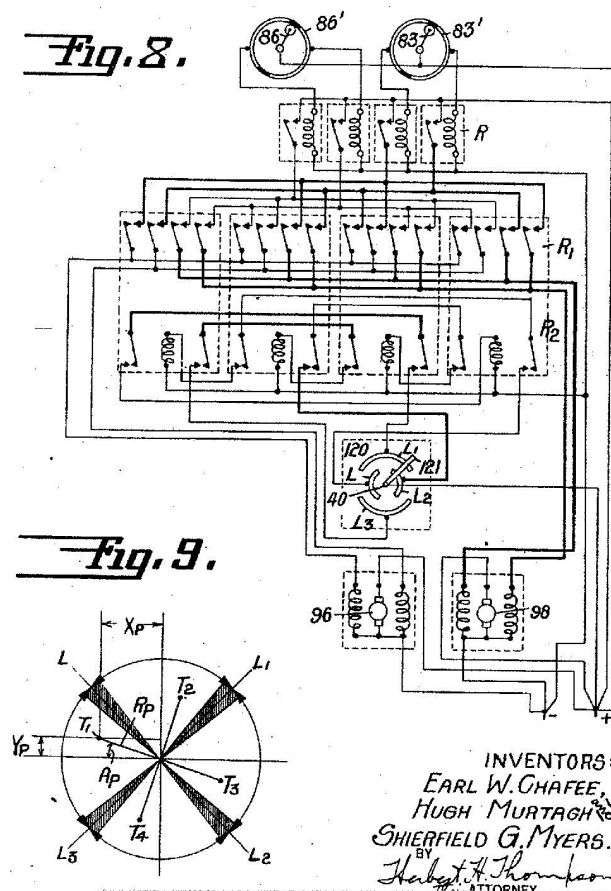
In der **Patentschrift** <http://www.google.com/patents/US2065303> finden sich kurze Erklärungen zu einem Rechner, der dem SPERRY-Gerät in Dübendorf sehr stark gleicht (Gehäuse und Prinzipschema). Die Nummern der einzelnen Elemente stimmen hier nicht überein mit den Nummern im Schema von A. Kühlenkamp, der zehn Jahre später in Deutschland erbeuteten Geräte studiert hat (und diese Patentschriften wohl nie gesehen hat). Um die Patent-Erklärungen zu lesen, braucht es etwas Flexibilität, denn das automatische Einscannen hat zahlreiche Zeichen falsch erkannt (i statt 1, eine null wird als acht gelesen, usw).

Die hier mit 83, 86 bezeichneten Kontakte ganz oben in der Fig. 8 sind die beiden Vergleicher 44 und 45 im Schema von Kühlenkamp – einer liegt im Pfad der Ost/West-Komponente, einer im Pfad der Nord/Süd-Komponente. **Die diversen Relais-Kontakte wählen aus, welcher der beiden Nachführ-**

motoren 96, 98 (bei Kuhlenkamp 46, 47) welchen Vergleichler als Eingang verwendet. Die Nachführmotoren regeln im Ausgang die beiden Grössen Azimut und Distanz.

Fig. 9 zeigt, dass es z.B. für den Treffpunkt T1 effizienter ist, mit der Ost/West-Komponente zu spielen, um rasch Veränderungen der Distanz erzielen zu können (und Nord/Süd geht besser für Veränderungen des Azimutes). Für Treffpunkt 1 muss also der Nachführmotor für das Azimut über die Nord-/Süd-Komponente gesteuert werden, bei Treffpunkt 2 wäre es gerade umgekehrt.

Die beiden Nachführmotoren wählen sich mit dieser Schaltung den effizientesten Eingang zur Steuerung selber aus! Die Sektor-Umschalter L, L1, L2, L3 in der Mitte des Schemas werden in einer der fotografischen Aufnahmen weiter oben gezeigt.



Unklares zur Einstellung der Anfangsgeschwindigkeit

Im Formkörper 37 wird im unteren Teil die Flugzeit der Geschosse ermittelt, um daraus den Vorhalt und damit den Treffpunkt zu bestimmen. Es ist nicht ganz klar, wie bei einer **veränderten Munition** (oder schon nur bei stark unterschiedlichen Temperaturen) die Anfangsgeschwindigkeit v_0 eingestellt wird, denn bei veränderter v_0 gleich den Formkörper 37 (und wohl auch Formkörper 55) **auszubauen** und durch andere Körper zu **ersetzen**, wäre doch sehr aufwendig.

An der 7.5 cm-Kanone im Museum Dübendorf sind mit roter Farbe zwei Markierungen gesetzt für den Rücklauf des Rohres bei unterschiedlicher Anfangsgeschwindigkeit (für Schiessplatzbetrieb mit dem Ziel-Schleppsack resp. für Kriegsmunition). Wie man diesen Rücklauf im grossen Pulverdampf bestimmt, ist ein anderes Problem – aber jedenfalls ist die Anfangsgeschwindigkeit wichtig, denn deren Änderung geht **sehr direkt in die Trefferlage und die Flugzeit** ein. Im Funktionsschema des SPERRY ist keine v_0 -abhängige Nachstellung von Flugzeit oder Tempierzeit ersichtlich (sie müsste zwischen Formkörper 37 und den Multiplikatoren erfolgen, denn *nach* der komponentenweisen Aufteilung wären zwei Korrekturen erforderlich). Die Hand-Korrektur 63 korrigiert die in die Rechnung eingehende Flughöhe (d.h. die Telemeter-Unsicherheit und/oder die Parallaxhöhe). Dieser Korrektur-Knopf 63 ist beim Dübendorfer-Gerät bisher noch nicht gefunden worden – das heisst aber nicht, dass es ihn nicht gibt.

Da hier die Situation nicht ganz klar ist, sei eine Stelle bei Kühlenkamp (Ref. 1, p. 143) wörtlich wiedergegeben:

„Der Kurvenkörper kann nach der Höhe zusätzlich um einen durch den Bedienungsknopf 63 einstellbaren Betrag verändert werden. Durch das Segment 64 wird die Spindel 56 zusätzlich verschoben, so dass eine Addition dieses Wertes zu dem Messwert erfolgt. Der auf diese Weise einstellbare Wert ist der vertikale Stellungsunterschied, der zwischen -400 und +450 m liegen kann“.

(Als Höhenunterschied zwischen Geschützen und Rechner sind 400 m von der Kabellänge her unvorstellbar)

„Einige der innen- und aussenballistischen Einflüsse werden *näherungsweise* erfasst. Der Einfluss des Dralles wird durch eine Verbesserung des Treffseitenwinkels, der Luftwichte durch eine Verbesserung der Anfangsgeschwindigkeit und die Änderung der Anfangsgeschwindigkeit durch eine Verbesserung der Messhöhe berücksichtigt.“

In Ref. 1, p. 58 ist eine Flugbahnkarte abgedruckt für eine Normalflugbahn mit $v_0 = 607$ m/s, sowie für eine um 5.5% reduzierte Anfangsgeschwindigkeit v_0 , d.h. 573 m/s. Bei Flughöhe 3000m, Horizontaldistanz 3000 m, Rohrerhöhung 50°, Flugzeit ca. 14 Sekunden, macht die Abnahme der Anfangsgeschwindigkeit um **5.5%** in der Distanz ca. 120 m aus, um die das Flugzeug verfehlt wird – das ist viel zu viel.

Die beiden roten Markierungen der Museumskanone in Dübendorf ($v_0 = 550$ m/s für Schiessplatz, mit Schleppsack) resp. $v_0 = 805$ m/s (für Kriegsmunition) entsprechen mehr als **30%** Abweichung voneinander. Die ballistischen Körper des verwendeten Gerätes GAMMA-JUHASZ mussten deshalb ausgewechselt werden, wenn mit anderer Munition geschossen wurde. Die erstmalige Berechnung und Herstellung der Ballistischen Körper muss sehr aufwendig gewesen sein.

Lässt sich am Versuchsgerät, das die Schweizer Armee zu Testzwecken kaufte, die Anfangsgeschwindigkeit wirklich nicht einstellen, und hatten die Schweizer z.B. eine andere Munition als die Amerikaner, und einen zur Munition nicht passenden Formkörper – dann wäre es verständlich, dass die Ergebnisse nicht zur Zufriedenheit der Schweizer ausgefallen sind.

Immerhin sind zum SPERRY-Rechner offenbar „passende“ Kanonen VICKERS gekauft worden (die dann durch SCHNEIDER-CREUSOT-Geschütze ersetzt wurden, als man zum Kommandogerät GAMMA-JUHASZ überging)

„Die Flakartillerie in Dessau“ ([www.militaermuseum-anhalt.de/Regionale Militärgeschichte](http://www.militaermuseum-anhalt.de/Regionale%20Milit%C3%A4rgeschichte)) skizziert, wie die **Anfangsgeschwindigkeit der Geschosse gemessen** wurde (Deutschland, zweiter Weltkrieg):

„Die Geschützrohre der Flak-Batterien standen unter ständiger Pflege und Kontrolle. Um ihre Präzision zu erhalten, mussten in regelmäßigen Zeitabständen die V-Null-Werte gemessen werden, das ist die Geschwindigkeit des Geschosses beim Verlassen des Rohres. Während in der Heimat für diesen Zweck ortsfeste Stationen eingerichtet waren, zog im Bereich der Front ein motorisierter Trupp von einem Flakregiment zum anderen, um sich jedes Geschütz vorzunehmen. **Magnetisierte Geschosse** wurden durch **zwei Spulen** hindurch geschossen, die in genau bemessenem Abstand vor dem Geschützrohr aufgebaut waren. Die Zeit, die das Geschoss brauchte, um von der ersten Spule zur zweiten zu gelangen, wurde durch die sogenannten Boulanger-Apparate ermittelt, von denen – um die Genauigkeit der Messung noch zu erhöhen - gleich zwei in einem Sonderanhänger untergebracht waren. Beim Durchfliegen des Geschosses durch die Spulen wurde durch das magnetische Feld des Geschosses **ein Stromstoß** erzeugt, der über ein Relais nacheinander **zwei Fallgewichte** im Boulanger-Apparat auslöste, von denen das zweite kleinere ein **Schlagmesser** betätigte, das in das erste eine Kerbe schlug. Die Fallhöhe maß man mit einer Lehre, woraus sich für jedes Geschütz der neue V-Null-Wert ergab. So war es möglich, dass beim Feuern der Batterie die Sprengpunkte der Granaten in die genau vorgesehene Lage kamen.“
(Le Boulengé, nicht Boulanger!)

Aus Ref. 3, p. 62, 63 wird *nicht* ersichtlich, wie im deutschen KdoGt40 die v_0 eingestellt wurde (immerhin „Gebrauchsstufe“)

Aus Ref. 1, p. 127-136 geht auch nicht hervor, wie beim deutschen KdoGt36 die v_0 eingestellt wurde. Immerhin sind zahlreiche „ballistische Trommeln“ vorhanden, bei denen mehrere Korrektur-Blätter oder –Folien aufgewickelt wurden, und die sich leichter auswechseln liessen als die Formkörper (unter anderem p. 131 zur „Gebrauchsstufe“ der Rohre: nach vielen Schüssen ändert sich die Anfangsgeschwindigkeit). Bilder dieser Trommeln vgl. auch Ref. 3, p. 27, 29

Wie werden die Geschütze geladen ? Wichtig ist die genaue Zeitkonstanz

Die Geschosse werden in die Tempiermaschine am Geschütz gesteckt, wohin der Rechner laufend die richtige Zeitverzögerung meldet. Beim Ertönen der Feuerglocke wird das Geschoss tempiert, dann müssen die schweren Patronen von Hand in den Lauf eingeführt werden, der Verschluss geht zu, und beim Auslösen der roten Lampe wird der Abzughebel fallen gelassen – der Schuss geht los.



Im Flieger-Flab-Museum Dübendorf: Die 7.5 cm-Patrone steckt in der Tempiermaschine, der Zünder an der Spitze des Geschosses wird richtig eingestellt. Anschliessend reisst der Lader die Patrone heraus, dreht sie (in diesem Falle um 90°, bei steilerem Rohr noch mehr) und führt sie von hinten her in die Kanone ein. Dieser Vorgang dauert dank der Handarbeit nicht immer gleich lange. Dem Rechner gibt man die erwartete Ladezeitverzögerung vorgängig ein. Das Gewicht einer 7.5 cm-Patrone betrug ca. 11 kg (Bofors, Schneider)

Vom Verlassen der Tempiermaschine bis zum Abschuss vergeht Zeit, die dem Rechner vorgängig mitgeteilt wird (Ladeverzug). Die Zeitverzögerung wird dem physischen Zustand der beteiligten Lader angepasst. Man kannte die Leute und wusste, wer wie schnell arbeitete. Alle Geschütze sollten möglichst gleichzeitig schiessen. Ab Auslösen des roten Lichtes am Geschütz (Kögel p. 68) (ev. 3 maliges Blinken, P. Blumer) muss mit möglichst geringer Verzögerung der Verschlusshebel losgelassen werden. Das rote Licht wird durch eine verstellbare Uhr am Geschütz eingestellt, getrennt vom Rechner. Diese Darstellung basiert auf den Erinnerungen des damaligen Kan Kpl Ulrich Wegmann (Flab RS 1962 auf 7.5 cm) und gilt für den in der Schweiz betriebenen Rechner GAMMA-JUHASZ und das 7.5cm-Geschütz SCHNEIDER-CREUSOT. Der SPERRY wurde in der Schweiz nicht eingesetzt, aber der Vorgang dürfte überall ähnlich abgelaufen sein.

Im Betriebshandbuch (Museum Dübendorf) zum ungarischen Gerät GAMMA-JUHASZ wurde ein lose eingelegter Zettel gefunden, auf dem sich jemand aufgelistet hat, bei wieviel Zeitfehler ein Fehler am Ziel von 25 Metern^{*)} nicht überschritten wird, was dank der Splitterwirkung noch als zulässig erachtet wird. Titel der Liste: „Zulässige Tempierungsabweichung in 1/100-Sekunden, bei $v_0 = 805 \text{ m/s}$ “. Bei einer Flugzeit von 1 bis 2 Sekunden darf ein maximaler Zeitfehler von 0.03 Sekunden vorkommen, bei einer Flugzeit von 10 Sekunden um die 0.06 Sekunden, bei einer Flugzeit von 20 Sekunden um 0.08 Sekunden – also durchwegs **unterhalb einer Zehntelssekunde**.

^{*)} berechnet *einzig* nach dem Flugweg der Granate – zusätzlich kommt noch der Flugzeug-Weg dazu!

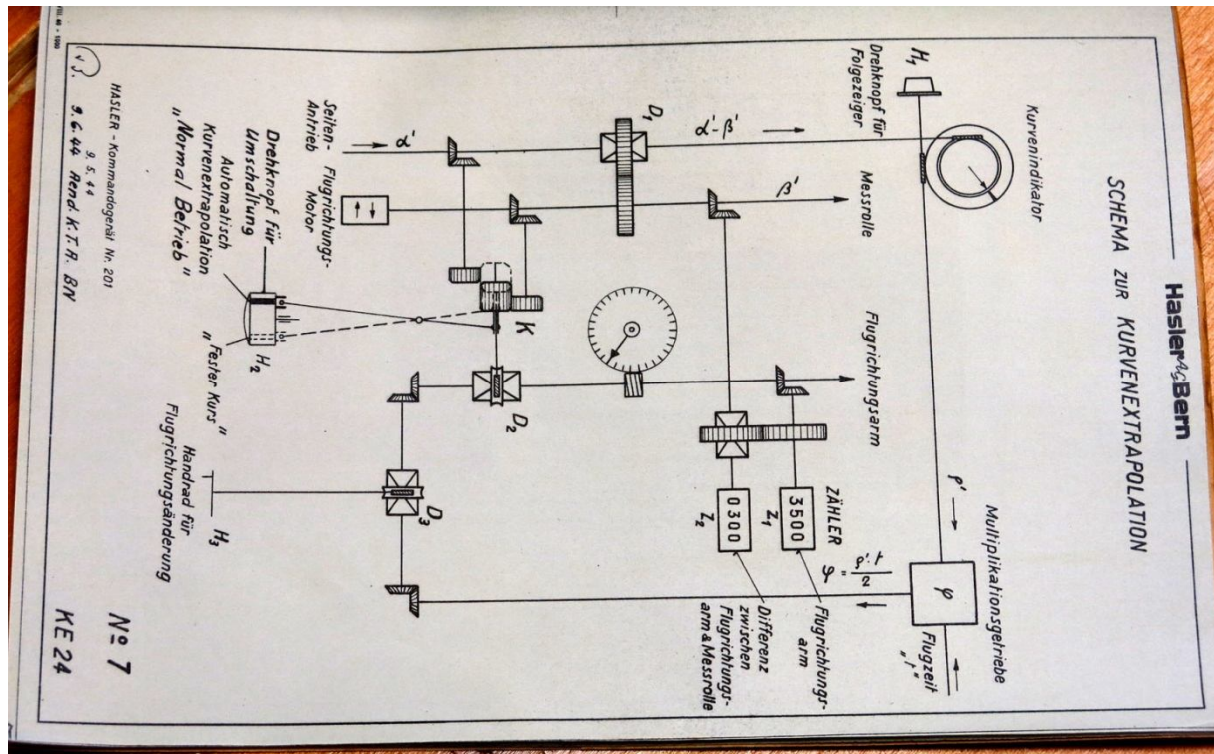
Ref. 3, p. 24, zum deutschen Kommandogerät 36: „Die für den Kommando- und Ladeverzug benötigte Zeit konnte am Gerät eingestellt und somit berücksichtigt werden (in der Regel 13 Sekunden)“. Das ist fast nicht möglich!!? Andersorts findet man viel kürzere Werte: drei bis sechs Sekunden zwischen zwei Schüssen.

Kurvenflug

Das durch die Schweizer Armee gekaufte Gerät GAMMA-JUHASZ wurde durch HASLER AG in Lizenz gebaut und später weiterentwickelt. Ursprünglich war es konzipiert für **reinen Gradausflug**, 1941 (oder früher) wurde bereits ein Steig- oder Sinkflug berücksichtigt. Ab 1944 wurde es durch HASLER erweitert, um auch einen Kurvenflug richtig vorauszuberechnen.

Wer möchte sich bestätigen ? Wer versteht diese Schaltung für die Kurven-Extrapolation?

Versuchen Sie, unbekannte mechanische Rechengetriebe zu lesen und zu verstehen! Hier wird das neu eingebaute Getriebe mit der Kurvenflug-Erweiterung ab 1944 dargestellt, mit einem Umschalter zwischen „Fester Kurs“ und „Kurvenflug“. Diesen Umschalter gab es auch noch bei der „Super-Fledermaus“.



Es bedeuten: D1, D2, D3 Additionen oder Subtraktionen (die Richtung wird bei D1 klar).

α' Geschwindigkeit der Seitenwinkeländerung (Anvisieren des Flugzeuges vom Rechner aus, wie schnell sich der gemessene Seitenwinkel ändert)

β' Geschwindigkeit der Flugwinkeländerung. „Flugwinkel“: Winkel zwischen dem Flugzeugkurs (seinem Kompasswinkel) und der Visierlinie vom Rechner zum Flugzeug, stets auf die Karte bezogen. Selbst im Gradausflug gibt es laufend eine Flugwinkeländerung. Flugwinkel vom Piloten aus gesehen: Winkel zwischen Flugzeugnase und der Richtung zum Rechengerät (ev. $\pm 180^\circ$).

ρ' Geschwindigkeit der Flugzeug-Kursänderung, d.h. wie viele Grad pro Sekunde sich der Flugzeugkurs (Kompass-Ablesung) ändert.

φ Verschwenkungswinkel der Sehne der Flugbahn: Winkel zwischen dem gegenwärtigen Flugzeugkurs (Tangente) und der Sehne zum zukünftigen Treffpunkt auf der krummen Flugbahn.

(Das sind jetzt **nicht-rechtwinklige Koordinaten**: viel schwieriger, ungewohnt. Vgl. weiter unten, Seite 21: Unterschiedliche mathematische Modelle)

Vergleich zwischen Kommandogeräten unterschiedlicher Herkunft

Die Kommandogeräte unterschiedlicher Länder unterscheiden sich stark, sowohl in der technischen Ausführung wie auch in der Gedankenwelt dahinter, d.h. mit welchen mathematischen Methoden und in welcher Koordinatenwelt der zukünftige Treffpunkt bestimmt wird. Es kann hier nur kurz auf einige Unterschiede eingegangen werden, denn ein vertieftes Eintauchen in einen weiteren mathematischen Rahmen bedeutet eine grosse Arbeit.

A) Produzierte Geräte – davon besser dokumentierte Typen

Untersucht wird hier die Funktionsweise des Gerätes **SPERRY** aus den USA (ev. Typ T8, gekauft durch die Schweiz 1935, erprobt im Sommer 1936). Näher bekannt sind aus der Literatur (Ref. 1 bis Ref. 3) auch die Funktionen des **Kommandogerätes 36**, des **Kommandogerätes 40** (beide aus Deutschland), sowie des englischen **VICKERS**. Im Museum in Dübendorf hat es reichhaltige Unterlagen zum ungarischen **GAMMA-JUHASZ** und zu den späteren Versionen **GAMMA-HASLER 40, 43**, die noch später (ab 1950 bis ca. 1962) statt der Telemeter-Distanz auch noch Radardaten verarbeitet haben.

Fragmentarisch (wenige Schemen, einzelne Bilder) bleibt das Wissen über diverse Hilfs-Kommandogeräte aus Deutschland (WIKOG, MIWIKOG, Kommando-Hilfsgerät 35, Zeiss Kommandorechner C2 (1927-37), Pschorr 27 (aus der Firma NEDINSCO in Holland, wo Zeiss fertigte wegen Beschränkungen infolge Versailler Vertrag), Schönian 1918. Zum Namen „Hilfs-Gerät“: Die Kommandogeräte waren ausgesprochen teuer in Entwicklung und Fabrikation, und sie waren stets in viel zu geringen Stückzahlen verfügbar. Man versuchte es deshalb auch mit einfacheren Hilfsgeräten.

Aus anderen Ländern gibt es Einzel-Hinweise oder Bilder von Kommandogeräten aus Frankreich (Bauarten AUFIERE oder OPL), Holland (HAZEMEYER, von Siemens-Halske in Lizenz gebaut), Tschechoslowakei (SKODA), letzteres nachgebaut von Russland (PUAZO). Ein letzter PUAZO-Typ 6-60 (ab 1953 oder 1956) wog offenbar 7 Tonnen und brauchte Strom für Motoren etc. für 2.5 kW! Bloss ganz knapp erwähnt in Ref. 1, p. 10, p.123 wird noch ein Kommandogerät GOERTZ aus Wien: „in einem Stück gebaut und an Russland geliefert“. Finnland soll ab 1929 auch mit einem Goertz gearbeitet haben, der nicht richtig funktionierte (?). Der „KERRISON PREDICTOR“ (GB) war offenbar optimiert auf tiefer fliegende Flugzeuge mit hohen Winkelgeschwindigkeiten.

Überall sind **Entwicklungen** zu beobachten – frühere Typen und spätere Nachbauten und Verbesserungen. Eine seltsame Stelle zu den SPERRY-Geräten wurde im Internet gefunden (war Amerika kaum von fremden Flugzeugen bedroht ??): <http://web.mit.edu/STS.035/www/PDFs/sperry.pdf>

Of the nearly 10 models Sperry developed during this Period (1927-35), it never sold more than 12 of any model; the average order was five. The Sperry Company offset some development costs by sales to foreign governments, especially Russia, with the Army's approval [9].

Deutschland produzierte 1936-1945 allein bei Zeiss insgesamt 2'053 Kommandogeräte 40 sowie weitere 2'376 Kommandogeräte anderer Bauart (Ref. 3, p. 43)

B) Aufbau der Geräte: mechanische Elemente und verwendete Bestandteile

Es folgen bruchstückhafte Teil-Informationen der bekannteren Geräte – immerhin zeigen sie, auf welch **unterschiedlichen Wegen** sich die immer gleiche Aufgabe (Ermittlung des Treffpunktes vor dem Flugzeug) mittels mechanischer Getriebe-Rechnung anpacken liess. Infolge der andauernden Weiterentwicklung aller Typen dürfen diese Werte und Jahrzahlen nicht allzu wörtlich genommen werden!

	Vickers Predictor 1928 GB (US)	SPERRY 1935 US	Kdo Gt36 1936 D	GAMMA- JUHASZ (1934)/37 Hun/Sui	KdoGt 40 40 D
Additionen	9	13	9	12 ¹⁾	20
Integratoren	3 ²⁾	1	3	0	7
Formkörper	1 ³⁾	4 ⁴⁾	0	19	14 ⁶⁾
Kurven-Trommeln	2	0	3 ⁵⁾	0	3
Motoren	0	2	3 ⁷⁾	18	16
El. Nachführungen	0	2	0	14	10
1)	12 Differentiale, plus 2 Hebel-Mehrfach-Addit.		5)	Plus 3 Tafeln, plus 2 Schreiber	
2)	Einer davon mit zwei Reibrädern		6)	Plus 5 Kurvenscheiben	
3)	Plus drei Kurvenscheiben (eine Dim. Weniger)		7)	Davon ein Federmotor	
4)	4 Kurven auf drei Körpern				

Integratoren

Reibradgetriebe (oder in Deutschland auch Drehkalottengetriebe) lassen sich sehr vielseitig einsetzen: als Multiplikatoren, als Integratoren, bei andersartiger Variablenwahl zum Dividieren und Differenzieren, zum Beimischen unterschiedlicher Grössen.

Formkörper

„Dreidimensionale Tabellen“: Sorgfältig geschliffene, räumliche Form, die sich drehbar und verschiebbar vor einem Abnehmer-Stift bewegt. Die Entfernung zwischen Drehachse und Abnehmer-Stift ist die dritte Variable.

Funktionstrommeln

Oft wurden drehende Walzen oder Trommeln verwendet; darauf konnten Papiere oder Folien aufgezogen werden mit ganzen Kurvenscharen. Das Bedienungspersonal wählte (je nach Flughöhe, -geschwindigkeit, etc...) die passende Kurve aus und musste per Handrad einen Zeiger immer genau auf der Kurve halten.

Elektrische Nachführungen

Ein Elektromotor steuert eine Variable derart, dass durch die Variable die Motorkontakte (vorwärts, rückwärts) beeinflusst werden. Damit lässt sich eine bereits bekannte Variable „kopieren“ und deren Einstellung mit mehr Kraft als bisher weitergeben an die nächsten Getriebe. Bedienungspersonal wird dadurch eingespart.

Spezielle Versuche

Das Kommandogerät MIWIKOG von Karl Papello (1890-1958) soll bei den Handantrieben für Seiten- und Höhenwinkel und für die Entfernung offenbar **Schwungräder** verwendet haben, so dass das Gerät unverändert weiterrechnen konnte – selbst wenn das Flugzeug infolge natürlichen oder künstlichen Nebels vorübergehend nicht mehr sichtbar war. (Ref. 3, p.41). Ähnlich die neuen Handräder beim GAMMA-HASLER ab 1943, elektrisch.

C) Unterschiedliche mathematische Modelle zum Finden des Treffpunktes

① Das Gerät SPERRY rechnet anschaulich in **rechtwinkligen Koordinaten**: Gegenwärtige Flugzeugposition plus zusätzliche Flugstrecke während der Geschossflugzeit ergibt den Treffpunkt. Das ist klar, logisch, gut vorstellbar. Die „Plus-Operation“ gelingt nur dann einfach, wenn die zusätzliche Flugstrecke in Metern ausgedrückt wird (Ost/West und Nord/Süd separat), und nicht in Winkeln.

② Nun gibt es andere Möglichkeiten zur Voraus-Rechnung: Statt dass man sich die Flugzeugbewegung vorstellt, bleibt man bei den direkt gemessenen Werten: **Seitenwinkel, Höhenwinkel, Schrägdistanz**. Alle drei Grössen haben je eine eigene Veränderungsgeschwindigkeit – mit diesen Grössen wird der Treffpunkt vorausberechnet, und nicht mit der Geschwindigkeit des Flugzeuges. Das gibt ganz andere Rechnungen als bei der rechtwinkligen Methode. Hat man sich wochenlang mit der rechtwinkligen Methode beschäftigt, so ist es nicht ganz leicht, plötzlich in eine neue Denkweise zu schlüpfen. Die Winkel addieren sich ganz anders als die Kilometer, und während beim Geradeausflug in konstanter Höhe mindestens die Flugzeuggeschwindigkeit konstant bleibt, so gilt das für die Seiten- und Höhen-Winkelgeschwindigkeiten und für die Annäherungsgeschwindigkeit nicht mehr.

Diese „**Winkelgeschwindigkeitsmethode**“ wird als weniger genau betrachtet, da zum Anschmiegen der vorausberechneten Kurve an die echte Flugzeugbahn auch Beschleunigungen aller dreier Grössen berücksichtigt werden sollten (analog einer Potenzreihen-Entwicklung). Das geht aber kaum, da die Bestimmung der Beschleunigung mit grossen Unsicherheiten behaftet ist (Zitat Kühlenkamp siehe unten).

③ Das Kommandogerät 36 und das GAMMA-JUHASZ rechnen in Zylinderkoordinaten: **Seitenwinkel, Horizontalentfernung, Flughöhe**. Das gibt wieder eine ganz neue Denkart: Der Flugweg wird rein geometrisch nachgeahmt – mit „Zielwegplatte“ (beim KdoGt 36 einem sog. „Flugrichtungstisch“), da gibt es fahrbare Wagen, Höhengleitern, Seitenwinkel-Lineal. Mit Motoren und Gewindespindeln werden Distanzen, Flugrichtungen und Vorhaltstrecken massstäblich nachgezeichnet.

④ Die französischen Kommandogeräte, das HAZEMEYER und das ŠKODA benützen zwar rechtwinklige Koordinaten – aber nicht geografisch feste Richtungen (N/S, E/W), sondern mit der Flugzeugrichtung verbundene Richtungen: **Seitenwinkel vom Rechengerät zum Flugzeug, die Rechtwinklige dazu, und die Flughöhe**.

⑤ Das englische VICKERS und das deutsche WIKOG (Zeiss) rechnen **algebraisch**, indem zuerst recht komplizierte Gleichungen der sphärischen Geometrie zum Voraus und unabhängig vom konkreten Flugzeugkurs auf dem Papier vorgelöst werden. Das Rechengerät muss aus den gemessenen Winkeln zum Flugzeug (Seite, Höhe) und den berechneten Werten zum Treffpunkt *zwei miteinander gekoppelte* Gleichungen simultan lösen, in denen total 12 Winkelfunktionen vorkommen, ebenfalls die Flugzeit und die beobachteten Winkelgeschwindigkeiten in der Höhe und in der Seite.

Den Winkel-Vorhalt in der Höhe zu ermitteln, gelingt erst, wenn man bereits den Seiten-Vorhalt kennt. Den Vorhalt in der Seite und in der Höhe zu berechnen gelingt erst, wenn man den Treffpunkt kennt, also wenn die beiden gesuchten Winkel-Vorhalte bekannt sind. Auch die Flugzeit und die beiden Werte für die Winkel-Vorhalte bedingen einander gegenseitig.

Komplizierte Hebelgetriebe und (z.T. doppelte) Reibradgetriebe übernehmen die Auswertung. Die Rechnung in den Rechengetrieben lässt sich knapp nachvollziehen – aber sich vorstellen, wo sich das Flugzeug befindet usw., das kann man nicht mehr. Das Getriebe-Schema des VICKERS wird weiter unten auf Seite 24 gezeigt. Genauer findet sich in Ref. 1, auf p. 122-124, oder Ref. 2, p.43-46. Siehe auch Ref. 5 und Ref 6 – **alles ist schwer verständlich**.

Beschleunigungen: Bei jeder zeitlichen Ableitung (d.h. aus dem beobachteten Ort oder Winkel die Orts- oder Winkelgeschwindigkeit zu ermitteln, oder aus den Geschwindigkeiten die Beschleunigungen zu errechnen) wirken sich die unvermeidlichen **Fehler, Unsicherheiten und Schwankungen** immer störender aus. Dazu ein klares Zitat von A. Kühlenkamp, Wissensstand 1943 (Ref. 1, p. 50):

„Trotz aller Massnahmen ist es bis heute nicht möglich, beim praktischen Arbeiten in der Truppe mit einer so hohen Gleichmässigkeit und Genauigkeit die Richtwerte zu bestimmen, dass eine höhere Ableitung als die Geschwindigkeit gemessen werden kann. An Versuchen, wenigstens auch die Winkelbeschleunigungen zu messen, hat es nicht gefehlt, desgleichen nicht an getriebetechnischen Messmöglichkeiten der Beschleunigung. Die Versuche sind aber immer wieder daran gescheitert, dass die erreichbare Richtgenauigkeit, insbesondere bei schwierigen Zielwegarten, noch nicht genügt und dass sich deshalb zu grosse Fehler in der Beschleunigung ergeben.“

D) Blick ins Innenleben des GAMMA-JUHASZ:

Die Philosophie der gewählten Koordinatensysteme hat natürlich Auswirkungen auf die mechanischen Getriebe, welche die mathematischen Funktionen übernehmen. Es folgen zwei Ausschnitte aus den Gesamtplänen des GAMMA-JUHASZ, nachgebaut in der Schweiz.

Die erste Zeichnung ist datiert 12.2.1941, Kdo Flieger- und Flabtruppen (Inventar Museum 045925 alt / 12271 neu).

Die zweite Zeichnung ist datiert 12.10.1943, K+W Thun (Inventar 039469 alt / 5123 neu). Pläne im Museum Dübendorf

Zielwegplatte des GAMMA-JUHASZ: Grosser Kreis, in dem die hauptsächlichsten Elemente des Fluges rein geometrisch nachgebildet werden in Grundriss und Aufriss. Mit dabei:

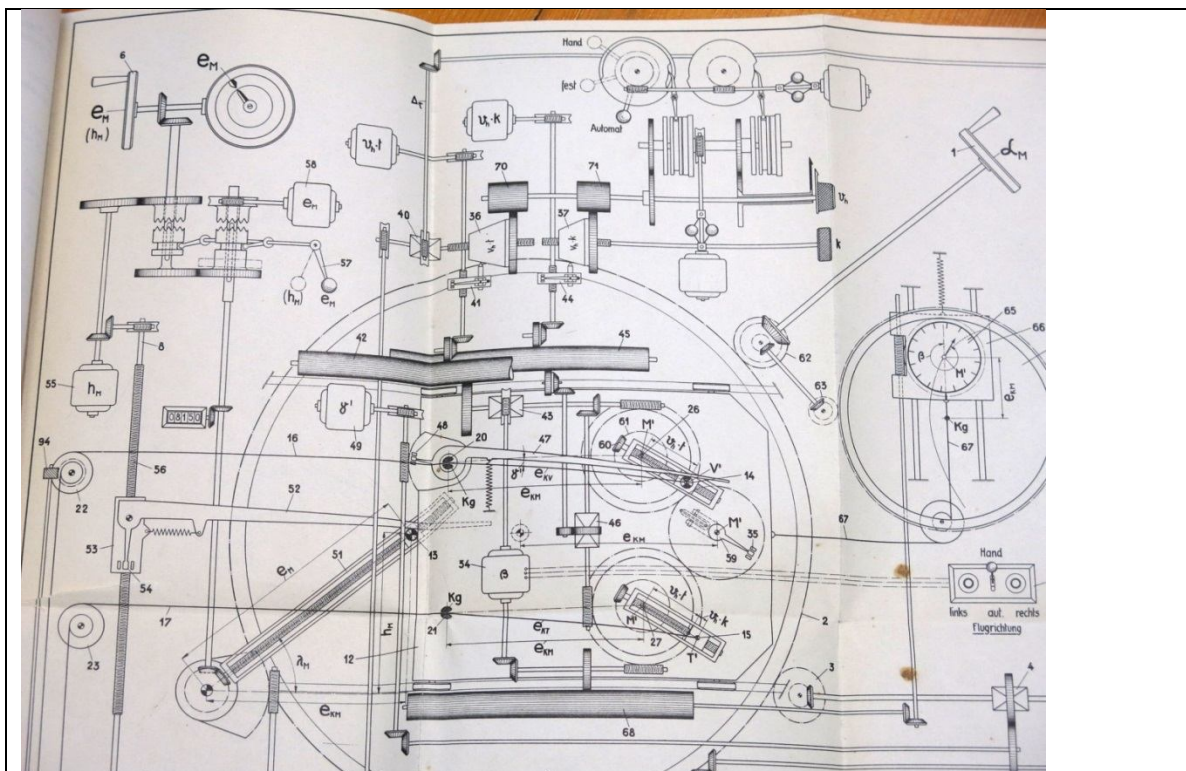
Zwei Flugrichtungsarme im grossen Kreis rechts: zwei kleinere, drehbare Arme im selben Winkel, sitzen auf einem Wagen (Räder angedeutet), der per Drehspindel u. Spannkabel bewegt wird. Deshalb die langen Zahnwalzen 42, 45, 68.

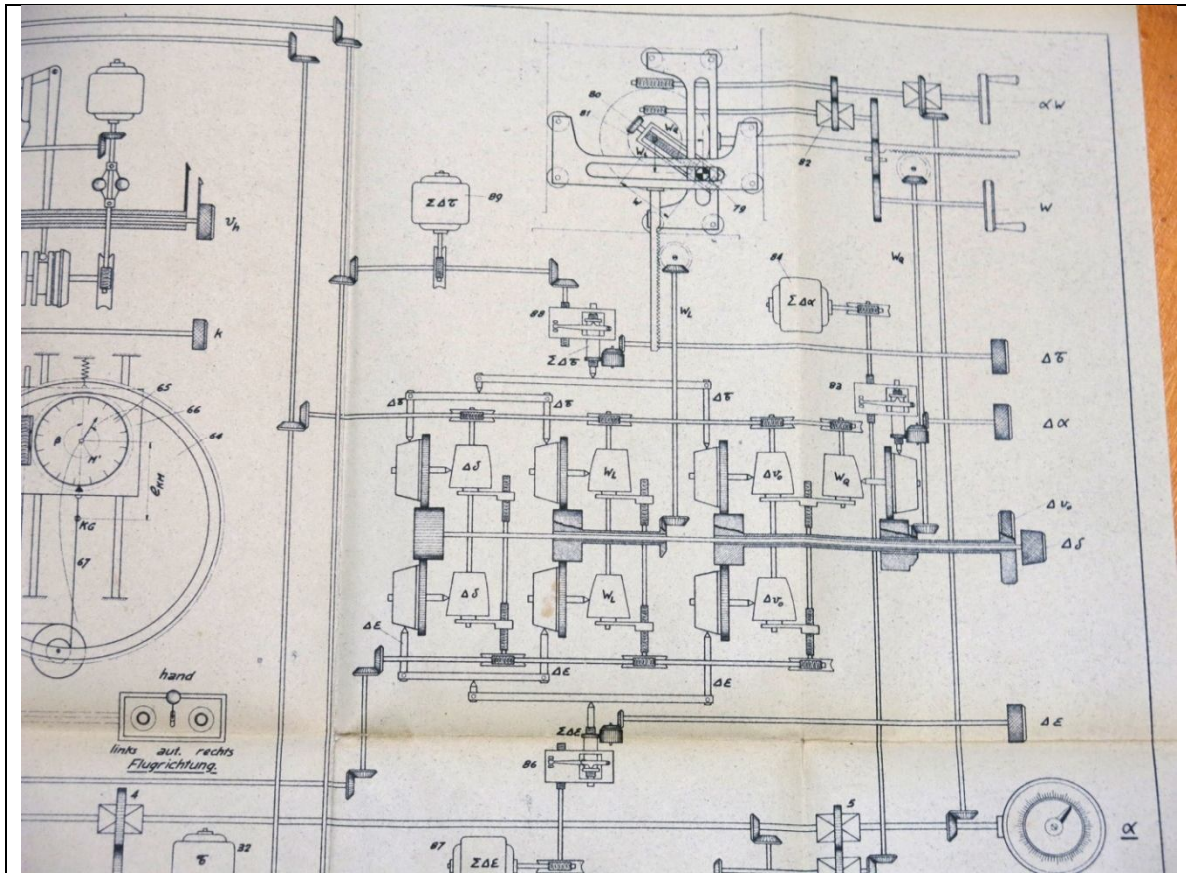
Seitenvorhalt-Lineal lange Nadel 47 fast horizontal, leicht oberhalb des Zentrums, ermittelt den Seitenwinkel-Vorhalt. Darunter ein Spannkabel zur Messung der Distanz zum Treffpunkt 14 (= Distanz zum Flugzeug 26 plus Vorhaltstrecke).

Höhenschlitten 53 links unten, führt die Auf-/Ab-Bewegung des **Höhenlineals** 52 aus, in der Abbildung horizontal

Distanzlineal 51 Drehpunkt links unten, mit ca. 40° nach rechts oben ansteigend. Die Höhe des Flugzeuges 13 ist mit h_m eingezeichnet, die Schrägdistanz e_m wird mit dem Handrad links oben dem Wert des Telemeters nachgeführt.

Acht Motoren sind im Ausschnitt sichtbar, zwei Handräder (Schrägdistanz und Seitenwinkel), drei Spannkabel. Rechts im kleinen Kreis eine Anzeige aussen am Gehäuse („Zielwegschreiber“), zur visuellen Kontrolle von Distanz und Flugrichtung.





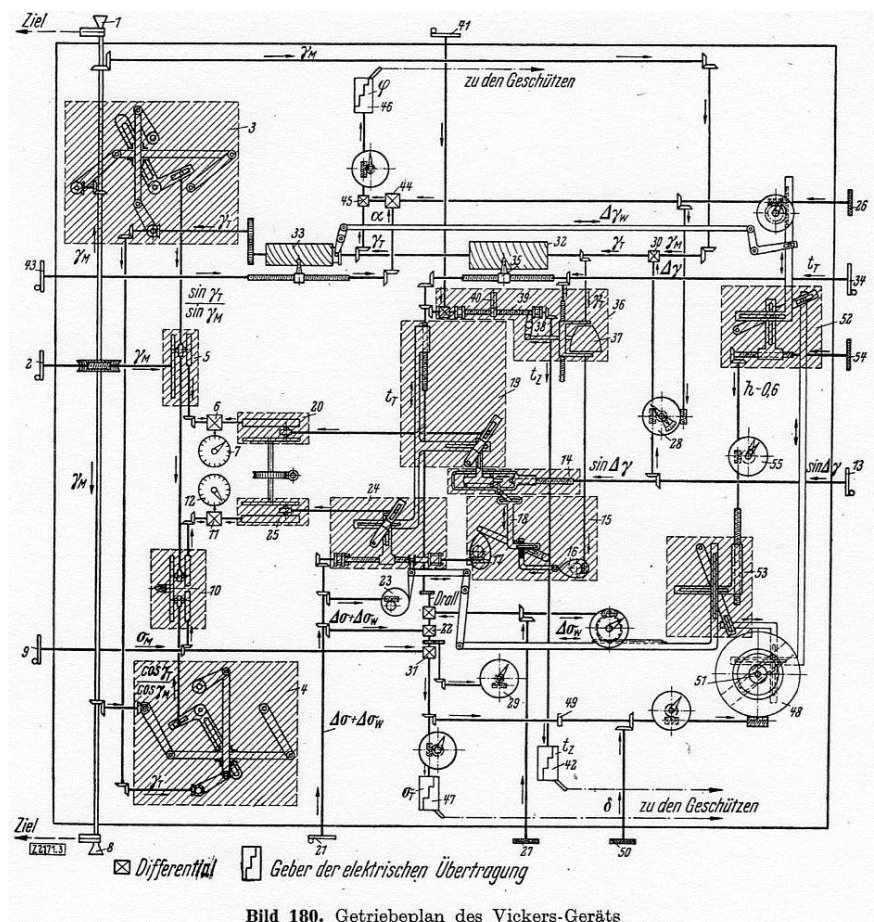
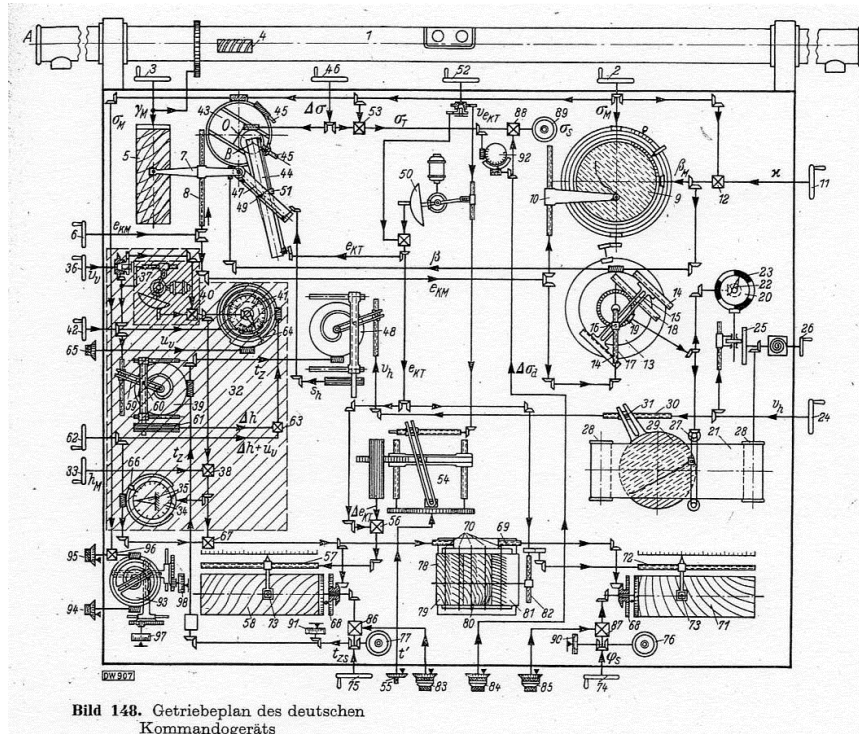
Eine ganze **Kaskade von Formkörpern**, die in komplexer Weise direkt voneinander abhängig sind.

In der **Rotation** sind die sieben Formkörper, die innen einen Buchstaben tragen, alle von derselben Welle gesteuert (ein Viertel der Bildbreite ab linkem Bildrand, wahrscheinlich die Geschossflugzeit). In der **Translation** (Verschiebung im Bild auf/ab) hängen die Formkörper ebenfalls alle von derselben Grösse ab (Bildecke unten links, zweite Welle von unten, Elevation der Rohre – hier hat es zwischen 1941 und 1943 eine grössere Änderung gegeben!). Der **Abgreifstift**, welcher bei den angeschriebenen Formkörpern seitlich auf die Oberfläche drückt, steuert je die **Translation** der sieben flachen Formkörper, welche in der **Rotation** paarweise synchron gesteuert werden (d.h. durch insgesamt vier Variablen). Der **Ausgang** der flacheren Formkörper geht durch eine **Hebel-Kaskade** zu drei „**Mikrometern**“, die je mit einem Handrad verbunden sind (Hand-Korrekturen von Tempierzeit, Seitenwinkel, Elevation), und am gegenüberliegenden Ende drei **elektrische Kontakte** tragen: ein Mittelkontakt kann mit „oben“ oder „unten“ in Verbindung stehen und steuert die drei nahe liegenden Motoren, deren Ausgang wiederum die Bewegung der Mikrometer-Gehäuse beeinflusst. Das ist somit eine **elektrische Nachführung** der Variablen, d.h. eine Neu-Einspeisung von Kraft. Die el. Drähte sind hier nicht eingezeichnet. Die Motoren und die Handräder sind angeschrieben mit „**Tempierkorrektur**“, „**Seitenwinkelkorrektur**“ und „**Elevationskorrektur**“, wobei die Motoren ein deutliches **Summenzeichen** tragen. Die Hebelgestänge am Ausgang der Formkörper können also mehrere Grössen **zusammenmischen**, welche alle zur entsprechenden Korrektur beitragen. Die „flachen“ Formkörper (jeweils links) scheinen die relative **Gewichtung** beim Zusammenmischen zu bestimmen, die „hohen“ Formkörper geben die Korrekturen (von links nach rechts) für Luftgewicht, Wind längs, Anfangsgeschwindigkeit, Wind quer – immer als Funktion von Geschossflugzeit und Elevation der Rohre. Der Querwind (oben ganz rechts) hat nur noch einen Einfluss auf den Seitenwinkel. Die **Handräder** ermöglichen letzte Korrekturen, wenn die beobachteten Schüsse in der Höhe oder Seite falsch liegen, oder wenn die Granaten zu früh oder zu spät explodieren.

Insgesamt bewirken alle diese Formkörper also letzte Fein-Korrekturen für die Lage der Schüsse: Alle nötigen Winkel und Zeiten für die Kanonen sind bereits anderweitig aus der Flugzeugbewegung ermittelt worden. Dazugemischt werden am Schluss noch Einflüsse wie der Wind oder eine veränderte Anfangsgeschwindigkeit. - Ganz oben ist die Zerlegung des Windes in eine Längs- und Querkomponente. Rechts davon sind (an den beiden obersten Wellen) zwei „**Differentiale**“: Das sind **Additionsmöglichkeiten**, analog dem Differentialgetriebe beim Auto: Drehzahl Antriebswelle = $\frac{1}{2}$ von (Drehzahl Rad links + Drehzahl Rad rechts). Damit können zwei unabhängige Grössen addiert, d.h. zusammengemischt werden.

E) Getriebeplan des Deutschen Kommandogerätes 36 und des Britischen Gerätes VICKERS PREDICTOR:

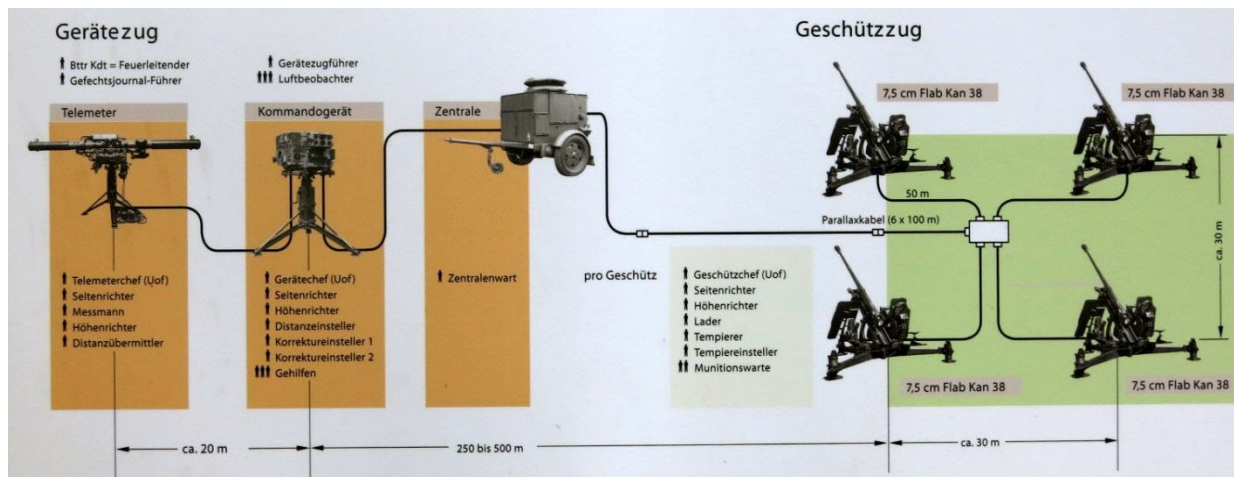
Unkommentierte Wiedergabe, entnommen aus Ref. 1, p. 127 und 154:



Der Rechner in der ganzen Flak-Batterie:

Darstellung im Museum Dübendorf, hier gezeigt am Beispiel des Rechners GAMMA-JUHASZ. Ganz links Telemeter zur Distanzbestimmung, dann der Rechner, eine Zentrale mit Stromerzeugung (mit Benzinmotor und Akku), längeres Kabel zu den Geschützen (angeschrieben: bis 6 mal 100 m), Verteiler, Geschütz-kabel 50 m.

Pro Geschütz braucht es 8 Mann, am Rechner 9, am Telemeter 5, total 53 Mann für die Batterie (plus Ablösung).



Verwendete Literatur:

1) Buch „**Flak-Kommandogeräte**“, Oberstingenieur Alfred Kuhlenkamp, 1943, VDI-Verlag GMBH (Verein Deutscher Ingenieure). 176 Seiten. Man spürt den Fachmann des Heereswaffenamtes! Viele geometrische Skizzen. Einzelgetriebe, Integratoren, elektr. Nachführungen. Gute, aber sehr dichte Erklärungen über die gesamte Rechnerstruktur bei drei Geräten. Nichts über Bedienung, Mannschaft, Organisation in der Batterie, Geschütze, Erfolg am Ziel.

Das Buch ist in ETHZ-Spezialbibliothek HDB vorhanden, Signatur R 1977 / 752, Standort Kammer 7. Ein weiteres Exemplar steht in der Fachhochschule Jena = Ernst Abbe-Hochschule Jena, mit der Signatur A05107. Standort: Magazin 2. Auch die „Bibliothek am Guisanplatz“ in Bern hat ein Ex. Die Wiedergabe der historischen Diagramme erfolgt mit dem Einverständnis des (Nachfolge-) VDI-Verlages.

2) Sonderheft „**Flugabwehr**“, A. Kuhlenkamp, VDI-Verlag GMBH, 3. Aufl. 1940 (1., 2. Aufl. 1938,39) Es werden auch Geschütze besprochen, Flak-Visiere, Scheinwerfer, Horchgeräte, Zünder etc. Auf 26 Seiten wird über die Rechengetriebe und Kommandogeräte geschrieben, ausführlich auch über Reibradgetriebe (Integratoren). Bei den Kommandogeräten wird nur das VICKERS detailliert beschrieben.

3) **Jenaer Jahrbuch zur Technik- und Industriegeschichte**, Band 11, 2008, Verein Technikgeschichte in Jena e.V. Beitrag von Klaus-Dieter Gattnar (arbeitete 1956-1991 bei ZEISS, Jena): „Kommandogeräte zur Flugabwehr – von 1915 bis 1945 in den Zeiss-Werken entwickelt und produziert“. Beitrag Gattnar: 91 Seiten. Andere Fabrikate als ZEISS-Produkte werden kaum besprochen. Thematisch äusserst breit angelegt, viele Bilder und Skizzen, Konstruktionsdetails, Herstellung. Hinweise zur Entwicklung der Funkmessgeräte FuMG (=Radar) - Das Buch ist erhältlich im Buchhandel oder bei (Adresse 2014) greger@technikgeschichte-jena.de

4) Original Pathé-Film 1939 zum Britischen „Gun Predictor VICKERS“, der im (symbolischen, d.h. im Werbe-) Betrieb gezeigt wird:

<http://www.britishpathe.com/video/predictions-while-you-wait>

5) Beschreibung VICKERS predictor, ab p.11-13 (auch andere britische Geräte):

<http://sydney.edu.au/engineering/it/research/tr/tr223.pdf>

(Falls die Adresse nicht mehr funktioniert: British mechanical gunnery computers in world war II, Allan G. Bromley)

6) Grössere Arbeit über „Computing before computers“, dort Kapitel 5, Analog Computing Devices, Allan Bromley: breite Sammlung, inkl. tide prediction von Lord Kelvin. Antiaircraft gun predictor VICKERS auf p. 186-190

<http://ed-thelen.org/comp-hist/CBC.html>

Bildquellen:

Titelseite oben:

„Fliegerabwehr“, Herrmann Schild, p.19, Dübendorf 1982, Neuauflage 2005

Mit freundlicher Erlaubnis des Flieger- und Flab-Museums Dübendorf

Titelseite unten:

Aus Ref. 3, p. 25.

Mit freundlicher Erlaubnis des Jenaer Jahrbuches zur Technikgeschichte und des Podzun-Pallas-Verlages (früher Nebel-Verlag).

Alle übrigen Bilder wurden durch den Verfasser aufgenommen im Flieger- und Flab-Museum Dübendorf

Der Technik-Ausgräber:

André Masson, CH-4900 Langenthal

Herbst 2014



Durch die Schweiz ab 1937 angeschafft und bei HASLER in Lizenz gebaut: Ungarisches Kommandogerät GAMMA-JUHASZ. Links die beiden Fernrohre zur Verfolgung des Fliegers.

Mechanische Analog-Computer für schwere Flak-Kanonen

ca. 1935-1955

Wirkungsweise des ungarischen Kommandogerätes GAMMA-JUHASZ

André Masson, Langenthal



General GUIBAN, Kommandant der Schweizer Armee, interessiert sich für die Genauigkeit des Rechners GAMMA-JUHASZ.

„Generals-Schiesskurs“ auf dem Schiessplatz Zuoz, 1940 (knapp vier Jahre nach der ersten Flak-RS, die noch durch die Abteilung für Artillerie geführt wurde).

Aufbau und Funktion des Kommando-Gerätes GAMMA-JUHASZ

Mit schweren Flak-Kanonen versuchte man die Flugzeuge bis in grosse Höhen zu bekämpfen. In der Schweiz waren bis zum Ende des 2. Weltkrieges 278 schwere 7.5cm-Geschütze im Einsatz, mit Wirkungsdistanzen bis zu 7 km, sowie 101 Horchgeräte zur Früherkennung, 114 grosse Telemeter (3m-Basis) zur Distanzbestimmung, und 88 Kommandogeräte GAMMA-JUHASZ.

Angaben im Flieger-Flak-Museum Dübendorf, Rundgang.

Auch bei hohen Anfangsgeschwindigkeiten flogen die Geschosse 15, ev. 20 Sekunden (im Extremfall, mit stark reduzierter Trefferwahrscheinlichkeit, bis zu 25 Sekunden). In dieser Zeitspanne flogen langsamere, schwere Bomber vielleicht 2 km weit – die Geschütze am Boden mussten also weit vorauszielen, damit ein Treffer überhaupt möglich war. Die viel schnelleren Granaten aus den Kanonen und die langsameren Flugzeuge mussten sich zur selben Zeit am selben Ort treffen, und dort mussten die Sprengladungen der Geschosse explodieren. Wohin muss die Kanone also zielen? Wann muss die Granate explodieren?

Um dieses Problem zu lösen, wurden **Flugrechner** benötigt, die sog. „Kommandogeräte“. Sie wurden in verschiedenen Ländern bereits Jahre vor den weltweit ersten Digitalrechnern in Betrieb genommen. Verwendet wurden dazu **mechanische Analogrechner** – echte Zahnradcomputer von ca. 400 kg Gewicht. Die Aufgabe war nicht einfach: Die Voraussage des Treffpunktes benötigt Informationen zum exakten Kurs, Flughöhe und Geschwindigkeit des Flugzeuges (Radargeräte gab es damals noch keine). Die verschiedenen Variablen (Flugzeit, Entfernung des Treffpunktes von der Kanone und vom Flugzeug) hängen alle voneinander ab: Um den Treffpunkt zu finden, muss man die Flugzeit kennen, und die Flugzeit wird erst ersichtlich, wenn man den Treffpunkt bereits kennt.

Die Schweizer Armee bestellte zuerst ein oder zwei US-Geräte SPERRY, um Erfahrungen zu sammeln. Anscheinend war man nicht zufrieden damit; es wurden andere Typen getestet, so ein ungarisches Produkt GAMMA-JUHASZ. Dieses wurde angeschafft, ab 1938 wurden 32 Stück geliefert. Anschließend wurde es in Lizenz gebaut bei HASLER, und laufend weiterentwickelt. Es kam eine Extrapolation hinzu für Kurvenflüge, und später wurde das Gerät erweitert mit den nötigen Fähigkeiten, um auch Radar-Daten zu verarbeiten. Die Radarortung erlaubte eine Erfassung des Flugzeuges durch Nebel, Wolken oder in der Nacht.

Mathematische Grundlage

Zwischen den Geräten SPERRY und GAMMA-JUHASZ gibt es grosse Unterschiede in der prinzipiellen Art, wie der Weg des Flugzeuges erfasst und mathematisch ausgewertet wird, d.h. auf welche Art die Prognose zum zukünftigen Treffpunkt erfolgt.

SPERRY:

Die Flugzeug-Position wird sofort in **rechtwinkligen Koordinaten** erfasst (Ost/West und Nord/Süd). Auch die Geschwindigkeit wird in rechtwinkligen Komponenten gemessen, ebenfalls die Vorhersage des Vorhaltes, d.h. des Flugweges bis zum Treffpunkt mit der Granate. Das hat den Vorteil, dass die

Addition sehr einfach ist: Treffpunkt (in beiden Koordinaten) = Flugzeug-Position plus Vorhalt. Anschliessend wird der errechnete Treffpunkt eher aufwändig wieder zurückverwandelt in Winkel-Werte, da die Kanonen zwei Winkel-Werte erwarten: Seitenwinkel und Höhenwinkel.

GAMMA-JUHASZ:

Hier bleibt man gleich bei den **Winkeln**, die von der Vermessung des Flugzeuges vorliegen. Es werden für Position oder Geschwindigkeit des Flugzeuges keine rechtwinkligen Koordinaten gebraucht. Der Flugweg wird **geometrisch nachgebildet** – es werden mit Spindeln (Distanzverstellung) und Linealen mehrere Dreiecke gebildet, um die gesuchten Grössen daraus abzulesen:

a) Aus der Schrägdistanz (vom Telemeter geliefert) und dem gemessenen Höhenwinkel zum Flugzeug (Fernrohr am Kommandogerät) wird rein mechanisch die Flughöhe aus einem nachgebildeten Dreieck abgelesen, ebenso die horizontale Kartendistanz zum Flugzeug.

b) Die Kartendistanz steuert den „Entfernungswagen“, auf dem zwei „Flugrichtungsarme“ sitzen, jeder mit einer Vorhalte-Spindel versehen. Daraus entnimmt man die Position des Flugzeuges, den Kompasskurs des Flugzeuges, und die Distanz vom Flugzeug zum Treffpunkt. Mit Stahlbändern wird die Distanz des Treffpunktes zum Kommandogerät abgenommen. Es ist alles eine **geometrische Nachbildung des geflogenen Kurses**, projiziert auf die Karte, im Massstab 1 : 40'000.

c) Mit einem weiteren, geometrisch nachgebildeten Dreieck und einem Stahlband zur Messung der Distanz werden die Variablen umgerechnet vom Kommandogerät auf den Mittelpunkt der vier Kanonen, die in einiger Distanz daneben stehen (sog. Parallax-Verschiebung).

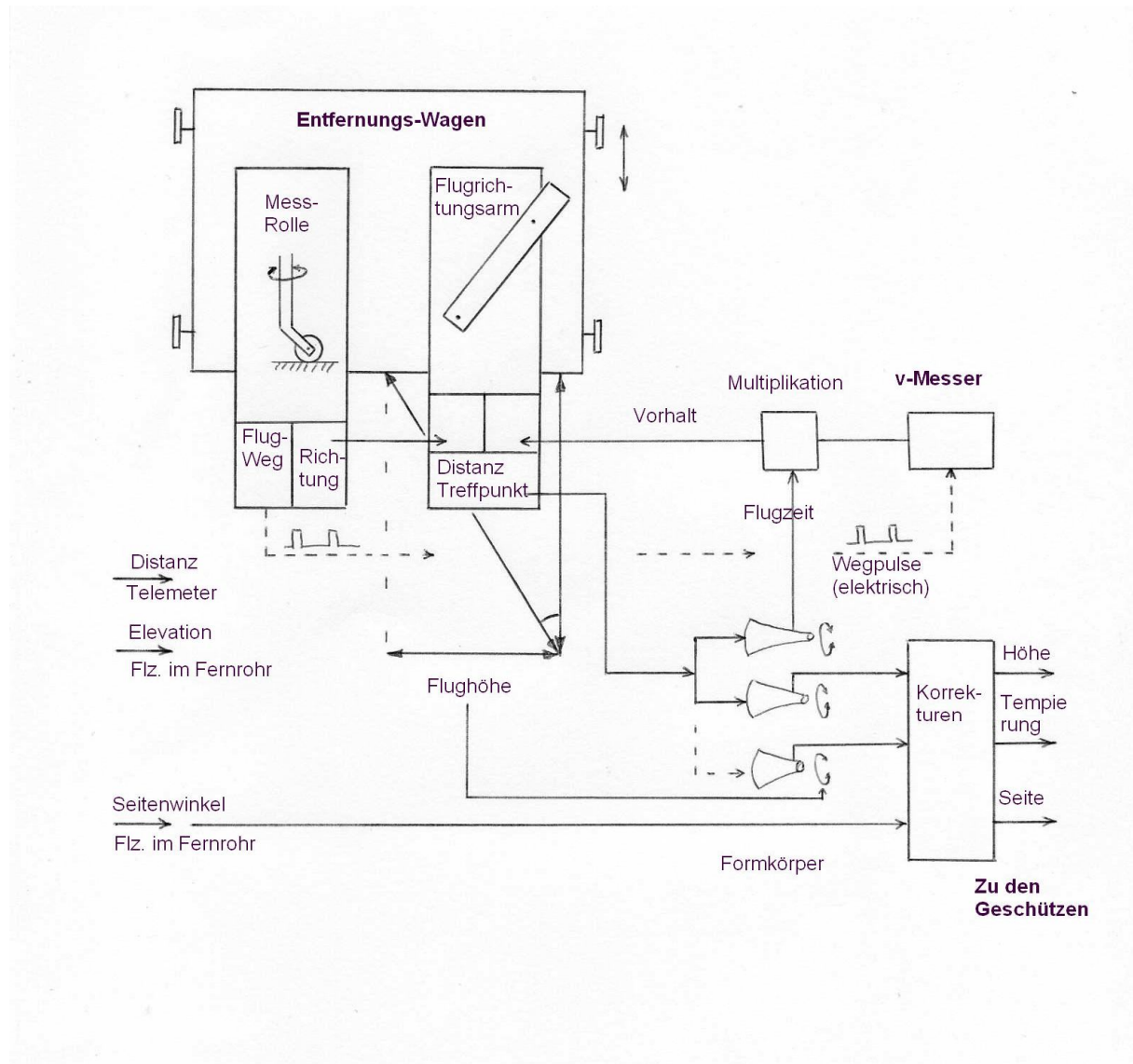
Zur Hauptsache wird beim GAMMA-JUHASZ also nirgends gerechnet, sondern der Flugweg wird geometrisch nachgebildet, Längen und Distanzen werden abgemessen, und elektrische Motoren so lange laufen gelassen, bis die richtigen Winkel eingestellt sind.

Sobald es nicht-lineare Dinge gibt, taugen massstäbliche geometrischen Nachbildungen nicht mehr. Beispiel: Nach dem Abfeuern der Geschütze wird die Geschwindigkeit der Geschosse rasch gebremst durch den Luftwiderstand. Alle derartigen Zusammenhänge werden beim GAMMA-JUHASZ ausgiebig mit **Formkörpern** numerisch erfasst. Das sind kompliziert geformte Körper aus Metall, deren Oberfläche einen numerischen Zusammenhang zwischen drei Variablen darstellt. Der Körper wird einerseits um seine Achse rotiert, andererseits längs der Achse verschoben – und ein ortsfester Andrück-Stift berührt seitlich die Oberfläche und misst deren Abstand von der Rotationsachse. Solche Formkörper werden im GAMMA-JUHASZ ausgiebig verwendet. So wird die Vorhaltestrecke des Flugzeuges während der Geschossflugzeit (eine reine Multiplikation: Geschwindigkeit mal Zeit) auch mit einem Formkörper ausgeführt, obgleich es direkte Hebel-Getriebe zur Multiplikation gäbe.

An einer einzigen Stelle werden rechtwinklige Koordinaten verwendet: Der Wind wird rechtwinklig zerlegt in eine Komponente „mit dem Schuss“ und „quer dazu“, was zu Korrekturen führt der bereits errechneten Werte für die Geschütze: Der Querwind beeinflusst den Seitenwinkel, der Wind mit oder gegen die Schussrichtung verändert die Elevation und die Tempierung. Die Korrekturen sind wieder in Formkörpern gespeichert.

Funktions-Einheiten im geometrischen Gerät GAMMA-JUHASZ

Der Verständlichkeit halber etwas vereinfacht



Ausmessen des Flugzeuges – Flugsimulation im Rechner:

Zwei Mann stehen an den Fernrohren und halten das **Flugzeug stets im Fadenkreuz**. Einer verdreht per Handrad die **Elevation** (Höhenwinkel), der andere den **Seitenwinkel**: das ganze Gerät ist in seiner Längsachse immer genau zum Flugzeug hin ausgerichtet und fährt ihm laufend nach.

Ist das anfängliche rasche Einschwenken zum Flugzeug erfolgt, könnte während des ruhigen Folgens sogar ein einziger Mann die beiden Winkel simultan einstellen mit zwei Handrädern (gemäss alter Anleitung 1938 aus Ungarn). Nach neuerem CH-Reglement 1950 braucht es zwei Mann für die beiden Winkel. Bei weit entfernten, tief stehenden Flugzeugen verdecken die beiden Fernrohre einander gegenseitig die Sicht.

Vom Telemeter her kommt die Information zur **Schrägdistanz** zum Flugzeug. Im nachgebildeten Distanzen-Dreieck (Vektorparallelogramm) sind damit auch die Flughöhe und die Kartendistanz bekannt. Der mit dem Fernrohr eingestellte Elevationswinkel ist im Distanzen-Dreieck markiert.

Der **Entfernungswagen** rollt innerhalb des Gerätes auf Schienen und stellt sich in eine Lage, welche der aktuellen Kartendistanz zum Flugzeug entspricht.

Auf dem Entfernungswagen mitfahrend ist die **Messrolle** montiert und der **Flugrichtungsarm**. Erstere rollt auf einem inneren, fix mit dem Erdboden verbundenen Zwischenboden, der sich nicht mit dem ganzen Gerät mitdreht. Die Messrolle wird nachgeschleppt und steht parallel zur Flugrichtung des Flugzeuges. Diese Flugrichtung wird per Zahnrad von der Messrolle zum Flugrichtungsarm übertragen, der bei Bedarf um 360° rotiert: Der Punkt links unten im Flugrichtungsarmsymbolisiert das Flugzeug, der Punkt rechts oben den Treffpunkt, der in Flugrichtung um die Vorhaltestrecke voraus-extrapoliert wird. Mit einem gespannten Stahlband wird die Distanz vom Kommandogerät bis zum Treffpunkt ausgemessen (hier nicht skizziert, siehe Original-Getriebepläne später). Die Messrolle gibt immer nach 250 Metern zurückgelegter Wegstrecke des Flugzeuges einen elektrischen Impuls zum **Geschwindigkeitsmesser**.

In den **Formkörpern** wird aus der Flughöhe und der Distanz zum Treffpunkt die **Flugzeit** ermittelt, welche zur Berechnung des Vorhaltes benötigt wird, sowie der **Höhenwinkel** der Geschützrohre (inkl. „Herunterfallen“ der Geschosse während der Flugzeit) und die nötige **Tempierung** der Geschosse.

In den **Korrekturen** werden zahlreiche Nachbearbeitungen vorgenommen: Wind längs, Wind quer, Parallaxkorrekturen, weil die Geschütze nicht am selben Ort wie das Kommandogerät stehen, sowie Handkorrekturen in der Seite, in der Höhe und in der Tempierung, welche nach der Schussbeobachtung vorgenommen werden. Diese Korrekturen werden auf Seite 17-19 beschrieben.

Wie gut vom Boden aus zu erkennen ist, ob die Granate zu früh oder zu spät explodiert, oder ob ein Winkel nicht gut stimmt und welcher, bleibt vorerst offen.

Zum besseren Verständnis ist das Schema oben nur **vereinfacht** gezeichnet. Es wird im GAMMA-JUHASZ auch noch berücksichtigt, was im Schema oben nicht eingezeichnet ist:

>> Es gibt **zwei Flugrichtungsarme**, weil die Tempierung einen anderen Abstand zum Treffpunkt erfordert als die Berechnung der Winkel: Wegen der Ladezeit-Verzögerung erfolgt das Ende der Zeit-Prognose bereits einige Sekunden vor der letzten Winkel-Prognose (Schussabgabe). Siehe Seite 27.

>> Es gibt nicht nur einen, sondern **zwei** horizontale Geschwindigkeitsmesser, sowie einen dritten für die **vertikale Geschwindigkeit** (schon ab dem ersten Versuchsgerät, das die Schweiz gekauft hat).

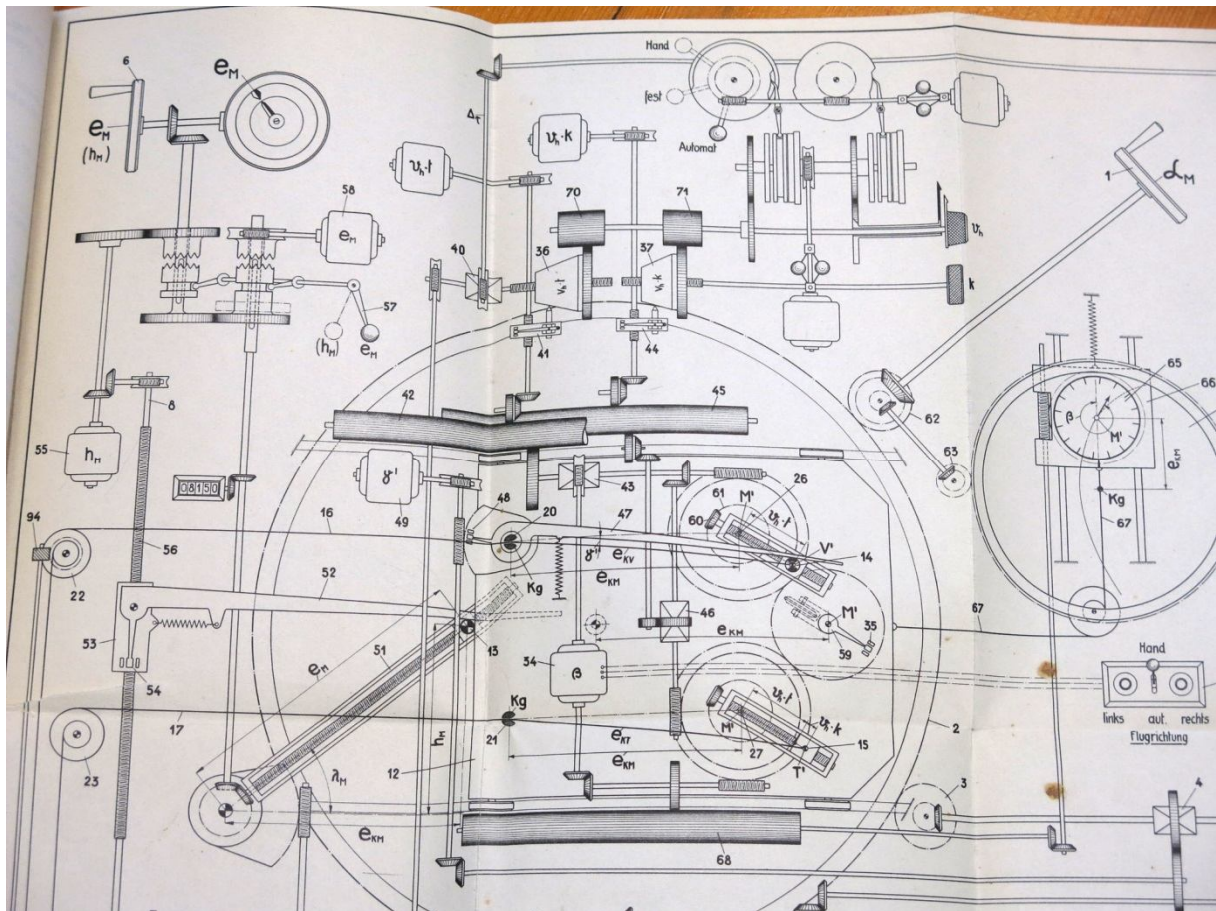
>> Auf einem weiteren fahrbaren Wagen werden die Dreiecke simuliert, welche zur Korrektur wegen der **Parallax-Einstellungen** benötigt werden – wiederum mit einem Stahlband zur Messung einer dritten Dreiecks-Seite. Nach dem Stellungsbezug lassen sich Entfernung, Winkel und Höhendifferenz zwischen dem Kommandogerät und den Kanonen von Hand eingeben. Zwei weitere fahrbare Wagen bedienen die Formkörper zur Bestimmung der Geschoss-Flugzeit und der Tempierzeit.

>> Ab den ca. 1944 ausgelieferten Geräten (genannt Gerät 43, HASLER-Eigenentwicklung) gibt es eine zusätzliche **Extrapolation für den Kurvenflug**, siehe Seite 21 / 22.

>> Zahlreiche **Anzeigen von Distanzen, Winkeln, Richtungen** helfen der Mannschaft, den Überblick zu bewahren oder Fehler zu erkennen.

>> Praktisch alle Größen werden elektrisch „nachgeführt“. Neben den mechanischen Präzisionsteilen gibt es eine ganze Welt **elektro-mechanischer Teile**: Kontakte, Relais, Mikrometer, Motoren, Bremsen für die Motoren, Endschalter und Begrenzer, Sicherungen, usw. Siehe den folgenden Teil über die „Nachführungen“, Seite 8 bis 11.

Funktions-Schema, Teilausschnitt des zentralen Teiles mit dem Entfernungswagen:



Der grosse Kreis ist der Zahnkranz, mit dessen Hilfe das ganze Rechengerät um die Vertikalachse gedreht wird (Handrad 1 rechts oben, diagonal). Der **Entfernungswagen** läuft auf vier Rollen zwischen den drei langen Zahn-Walzen, welche drei Variablen-Werte übertragen: oben den normalen Vorhalt $v_h t$, und zusätzlich noch $v_h k$ für die Ladezeit-Verzögerung, unten den Flugwinkel. Der Vorhalt wird an den schief stehenden Flugrichtungs-Armen mit den Spindeln eingestellt, zwei Stahlbänder (links am Bildrand über Rollen geführt) messen die Distanz vom Kommandogerät K_g zum Treffpunkt. Zwischen den Flugrichtungsarmen ist ein gleich grosses Zahnrad zur Einstellung des Winkels, unter ihm (schraffiert) die **Messrolle**, welche den Weg des Flugzeuges abspult auf einer festen Platte, die sich nicht mit dem Gerät mitdreht. Die Messrolle steuert per Mikrometer 35 den Motor 34 für den Flugwinkel.

In diesem Bildausschnitt sieht man fünf unterschiedliche Punkte, welche je in verschiedenem Zusammenhang das Flugzeug, dessen Position oder Teile seiner Bewegung darstellen!

Am linken Rand des Entfernungswagens ist der segmentierte Zapfen 13, welcher beim Einstellen des Höhen-Distanz-Dreiecks den Wagen entsprechend der Horizontaldistanz e_{km} wegstösst (k für Karte, m für Messpunkt).

Der **Höhenmotor** 55 (links am Bildrand, h_m) verdreht die vertikale Spindel 56 so lange, bis der Höhenlineal 52 an den Kontakten 53, 54 nicht mehr „aufwärts“ und nicht mehr „abwärts“ befiehlt – dann ist die Höhe in der langen Spindel richtig eingestellt und kann andernorts für weitere Rechnungen verwendet werden. Die **Telemeter-Distanz** wird am Handrad links oben „nachgeführt“ und stellt beim Zapfen 13 an der diagonalen Distanz-Spindel 51 die richtige Schrägdistanz zum Flugzeug ein.

Elektrische Nachführungen = präzises Kopieren von Analog-Werten

Gelegentlich muss beim Weg durch die Zahnradgetriebe eine **neue Kraftquelle** angezapft werden. Verfolgt man auf dem Gesamt-Schema die Signalwege, so zählt man: Das Signal des Handrades für den Seitenwinkel (Fernrohr-Nachführung) steuert direkt die Drehung des ganzen Gerätes, und muss insgesamt durch neun Zahnrad-Paare und sowie zwei Differentialgetriebe hindurchgeleitet werden. Beim Lagewinkel (ebenfalls Fernrohr-Nachführung) sind fünf Zahnrad-Paare anzutreiben. Bei der Flughöhe, angetrieben durch einen Elektromotor, sind es 13 Zahnrad-Paare und zwei Differentialgetriebe.

Bei vielen Geräten anderer Fabrikation werden zur Anzapfung neuer Kraftquellen in der Regel handbetriebene „**Folgezeiger**“ eingesetzt: Der Rechner zeigt an einem drehbaren Ring den momentanen Wert einer Variablen an, und ein Mensch hat von Hand einen zweiten Ring andauernd so einzustellen, dass bei aller Bewegung stets Marke auf Marke bleibt. Das Gerät GAMMA-JUHASZ hat bloss einen einzigen Folgezeiger, nämlich dort, wo der Wert für die Schrägdistanz zum Flugzeug vom Telemeter her mit einer magnetischen Synchron-Anzeige in Empfang genommen wird. Drei drehbare, sternförmig angeordnete Spulen in einem magnetischen Wechselfeld haben beim Sender und beim Empfänger exakt dieselbe Anordnung; es kann damit aber nur das Signal weitergeleitet werden – eine Kraft zum Antreiben der nachfolgenden Getriebe kann nicht abgenommen werden. Beim Folgezeiger führt ein Mensch diese Nachführung per Handrad aus – der Rechner hat danach das Signal mit dem richtigen Wert empfangen, obgleich der direkte Signalfluss vom Telemeter zu den nachfolgenden Rechengetrieben beim Folgezeiger unterbrochen und nicht durchgehend verbunden ist.

Alle anderen Grössen werden beim GAMMA-JUHASZ **elektrisch „nachgeführt“**, meistens nach dem Prinzip des elektrischen „Mikrometers“: die zu kopierende Messgrösse wird in ihrer mechanischen Bewegung auf einen elektrischen Mittelkontakt geführt, der beweglich zwischen zwei nahe gelegenen, motor-gesteuerten und motor-steuernden Endkontakten liegt. Die Lage des Mittelkontaktes ist vom Motor her nicht zu beeinflussen. Berührt der Mittelkontakt den einen oder anderen Endkontakt, so verändert der Motor seine Variable „aufwärts“ oder „abwärts“; wenn keine Richtungsänderung mehr verlangt wird, hat der Ausgang des Motors den korrekten Wert der Variablen gefunden. Das Prinzip wird in den drei folgenden Bildern erläutert.

Mechanischer Plan, zwei Bilder: Kdo. Fl.-u. Flab-Trp. – Gr. II gezeichnet 12.2.41

Elektrischer Plan: „Modell 43“, gezeichnet 5.11.1946, K+W Thun

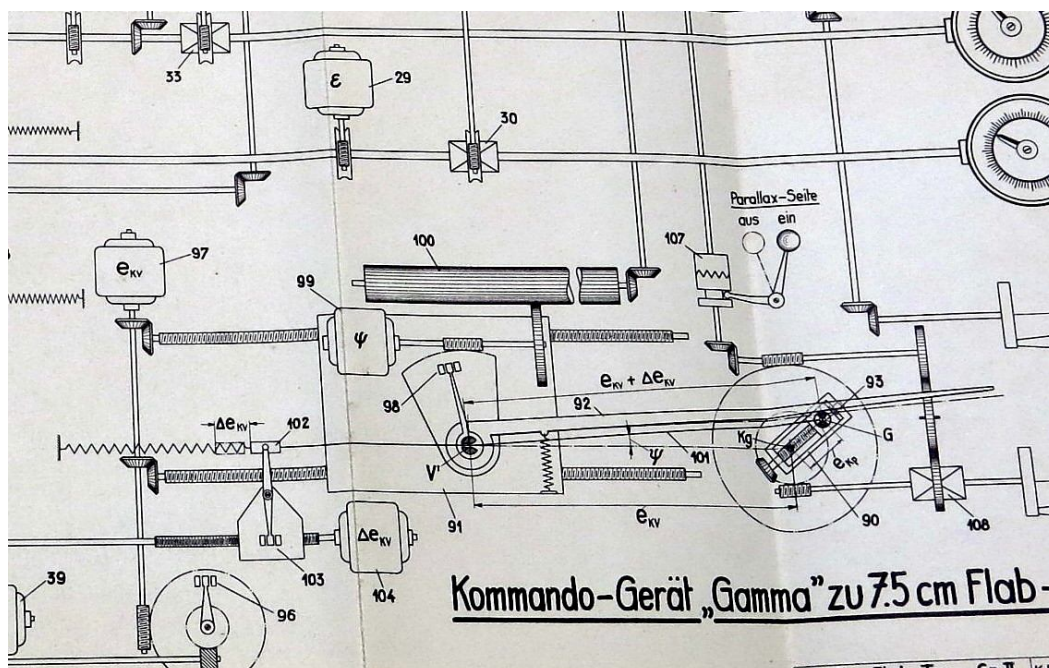
Wird ein Gerät GAMMA-JUHASZ einmal geöffnet und zerlegt, so wird man die elektrischen Kontakte zu dieser Nachlaufsteuerung genauer untersuchen müssen (Abstand der Kontakte, ev. mechanisches Spiel der Komponenten, soweit das nach 70 Jahren noch gemessen werden kann, auch die Motorbremse, siehe unten, soll gesucht und verstanden werden). Massnahmen gegen ungewolltes Schwingen der elektrischen Nachführung sind bisher nicht bekannt.

Bild unten:

Es sind im Ausschnitt **drei elektrische Nachführungen** sichtbar. Die Telemeterdistanz gibt die Länge der schrägen Spindel 51 (Nachführung von Hand, per Folgezeiger). Der Höhenwinkel λ wird ab Fernrohr von Hand eingestellt, Welle senkrecht von unten her, ein Drittel der Bildbreite vom linken Bildrand. Damit ist der segmentierte, allseits verschiebbare Zapfen 13 eingestellt, der fahrbare Entfernungswagen hat die korrekte Distanz angenommen. Das feine horizontale Höhenlineal 52 zeigt die **Flughöhe** an und gibt diese Grösse an das Mikrometer 53. Der Höhenmotor 55 links oben (Zahl angeschnitten) stellt die vertikale Spindel 56 auf den korrekten Wert der Flughöhe, die dann von weiteren Getrieben übernommen wird.

Dasselbe Prinzip für den **Seiten-Vorhalt**: Am oberen, schräg gestellten Flugrichtungsarm 60, 61 gibt V' den Vorhaltepunkt an (Treffpunkt, falls „jetzt“ geschossen würde). M' ist der Messpunkt (das Flugzeug), stets bezogen auf die Kartenprojektion. Der Winkel Gamma ist der Vorhalt im Seitenwinkel. Das feine, leicht schräg stehende Lineal 47 bringt Gamma auf das Mikrometer 48, der Vorhaltemotor 49 bedient die abgehende Welle nach unten rechts mit dem korrekten Wert für den Seitenvorhalt. - Motor 49 und Lineal 47 sind fest und fahren selber nicht mit dem Entfernungswagen mit.

Auch hier sind drei Mikrometer sichtbar: Es geht um die **Korrekturen infolge der Parallax-Werte**, d.h. der Positionierung der Geschütze G (Zentrum der Batterie) relativ zum Kommandogerät Kg. Der Parallaxwagen 91 fährt entsprechend der Distanz e_{kv} zwischen dem Kommandogerät und dem Vorhaltepunkt V', angetrieben durch den Motor 97. Die Horizontal-distanz von den Geschützen G her zum Vorhaltepunkt V' ist grösser oder kleiner als die Distanz Kg – V' und wird per Spann-band auf das Mikrometer 102, 103 geführt, welches den Motor 104 steuert (**Distanz plus Korrektur**). Dessen Ausgang geht in die drei Formkörper zur Bestimmung von Elevation, Flugzeit und Tempierung. Schliesslich wird die Korrektur des **Seitenwinkels** infolge des Parallaxwinkels (Psi) durch Mikrometer 98 und Motor 99 auf die lange Zahnwalze gegeben, was als Korrektur in den einzustellenden Seitenwinkel der Geschütze eingegeben wird.



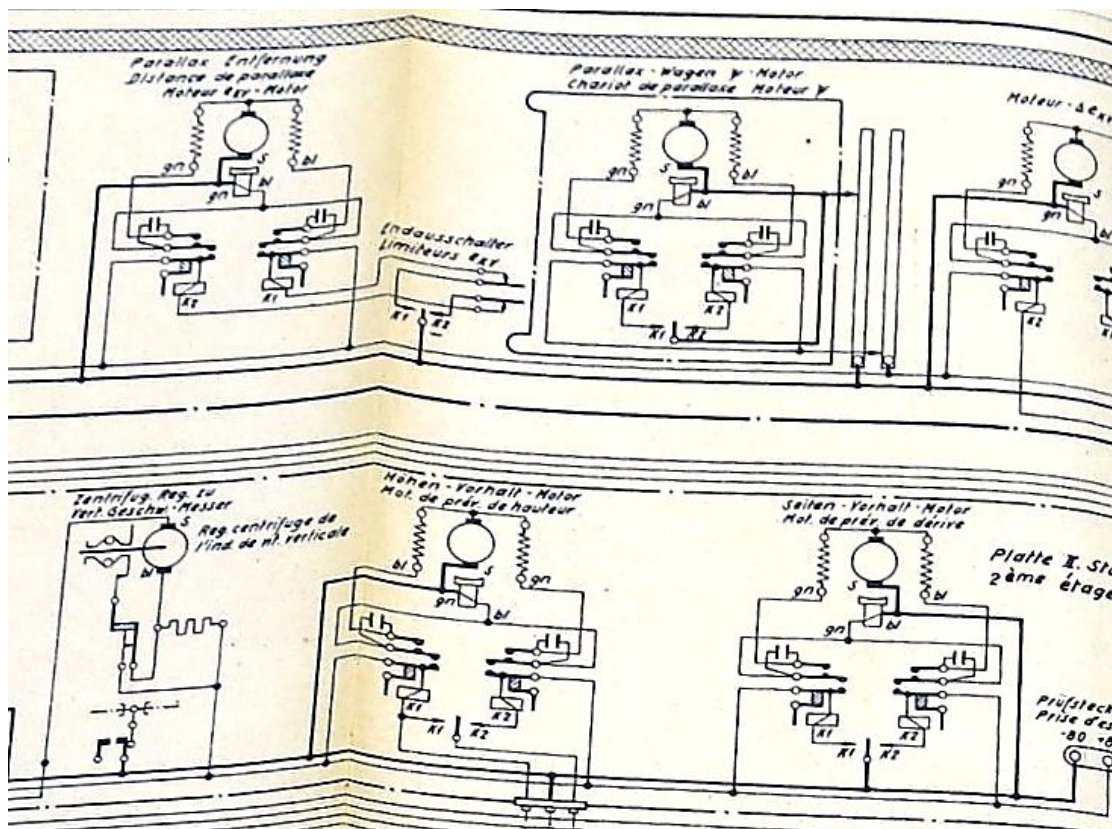
Elektrischer Teil der Nachführungen (Bild unten, Modell 43)

Der Ausschnitt aus dem Elektro-Schema zeigt die Nachführungen von fünf Grössen; von links oben nach rechts unten sind es: Parallax-Entfernung, Psi-Motor (mitfahrend auf Parallax-Wagen, mit Kontaktschienen), Distanzkorrektur infolge Parallaxe, Höhen-Vorhalt, Seiten-Vorhalt. Der mit zwei Stator-Spulen gezeichnete Motor für die beiden Drehrichtungen bestand im Modell 38 und 40 aus zwei getrennten Motoren, die am selben Zahnrad eingreifen – einer für „aufwärts“, einer für „abwärts“. Ab Modell 43 hat ein einziger Motor die beiden Richtungen abgedeckt. Der Ausschnitt entspricht etwa einem Zehntel des gesamten elektrischen Übersichtsplanes.

Zu erkennen sind jeweils unten die drei Anschlüsse der elektrischen Mikrometer-Kontakte: Der Zentralteil wird links oder rechts einen der Kontakte K1 oder K2 berühren. Zwei der Nachführungen haben diese Kontakte seitlich gezeichnet, weil es dort Endausschalter gibt mit elektrischer Unterbrechung, sobald ein numerischer Wert (Länge oder Winkel) über- oder unterschritten wird. Der Strom durch die Mikrometer-Kontakte ist nicht etwa der Motorstrom selber, sondern bloss ein Strom durch eine Relais-Spule. Wird das Relais durch die Anziehung eines Winkelhebels aktiv, so werden gleich zwei Stromkreise eingeschaltet: einer für den Motor (gezeichnet mit separaten Stator-Spulen für je eine der Drehrichtungen), und eine weitere Spule, gezeichnet zentral unter dem Motor, die als elektrische Lösung einer Bremse zu interpretieren ist: Die Bewegung muss augenblicklich **abgebrems**t werden, wenn keine Bewegung mehr verlangt wird. Nur solange sich der Motoren aktiv dreht, wird die Bremse magnetisch weggenommen.

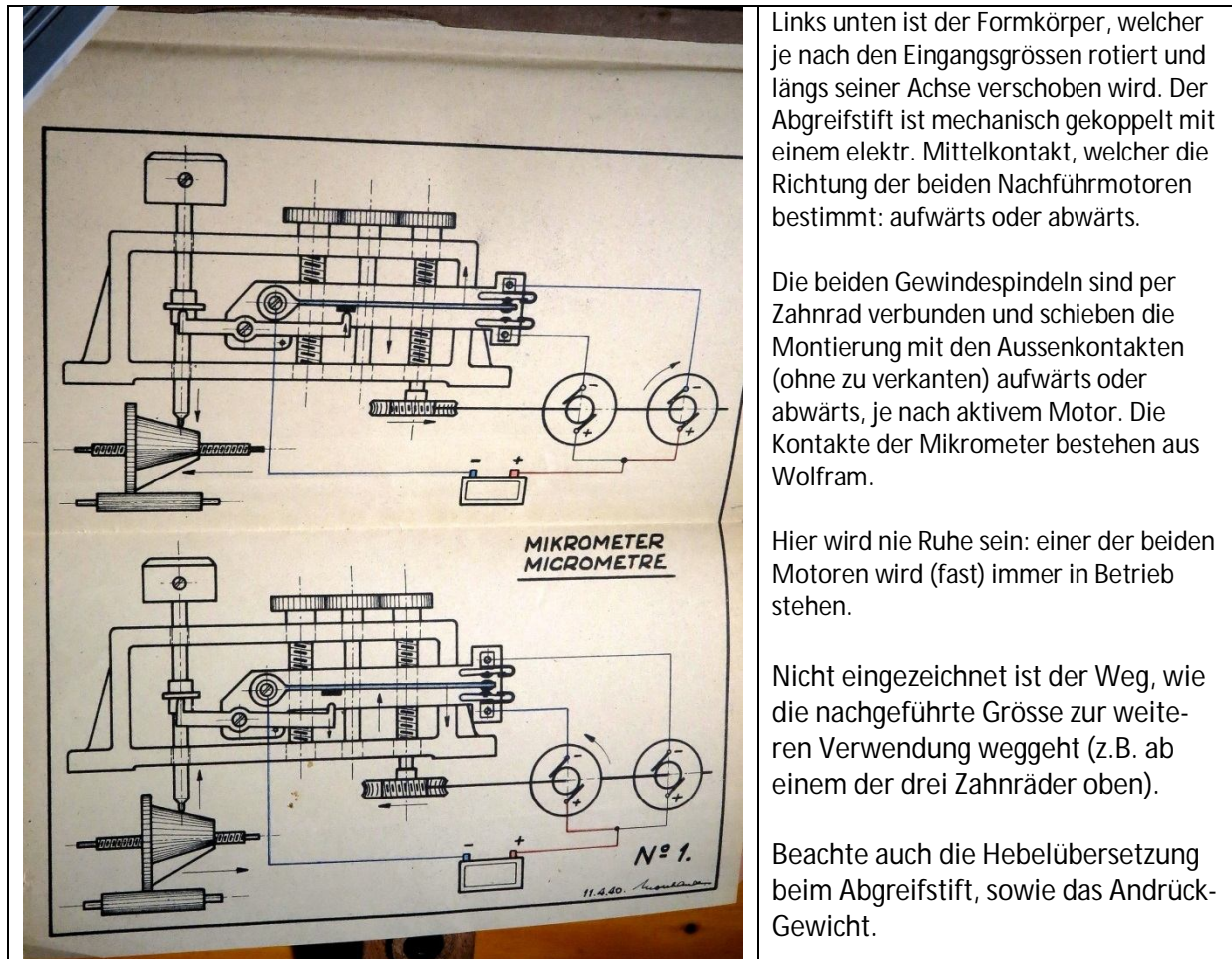
Der Kondensator für die Funkenlöschung lässt darauf schliessen, dass der Motorstrom grösser ist als der Bremsenstrom.

Die Motoren laufen an 80 V DC (Drähte bezeichnet mit +80 V und -80 V, das gibt NICHT 160 V). Die Beleuchtung braucht 12 V AC, erzeugt aus 110 V AC. Die Winterheizung liefert 100 W oder 190 W, plus 250 W oder 475 W (ev. kumulativ), wahlweise ab 80 V DC oder ab 110 V AC, wenn irgend möglich ab dem zivilen Stromnetz.



Die zahlreichen **Formkörper** haben Abgreifstifte, deren Position ebenfalls elektrisch nachgeführt wird. Einzig in der Kette der zahlreichen Endkorrekturen werden die verschiedenen Störungen alle direkt mit einem mechanischen Hebelgestänge addiert, und erst die letzte Summe wird elektrisch nachgeführt.

Hier die HASLER-Ausführung: Nachführung der Abgreifstifte an Rotationskörpern, gez. 11.4.40:



Im Zusammenhang mit dem Lärm andauernd laufender oder auch stets umschaltender Motoren ein Zitat aus

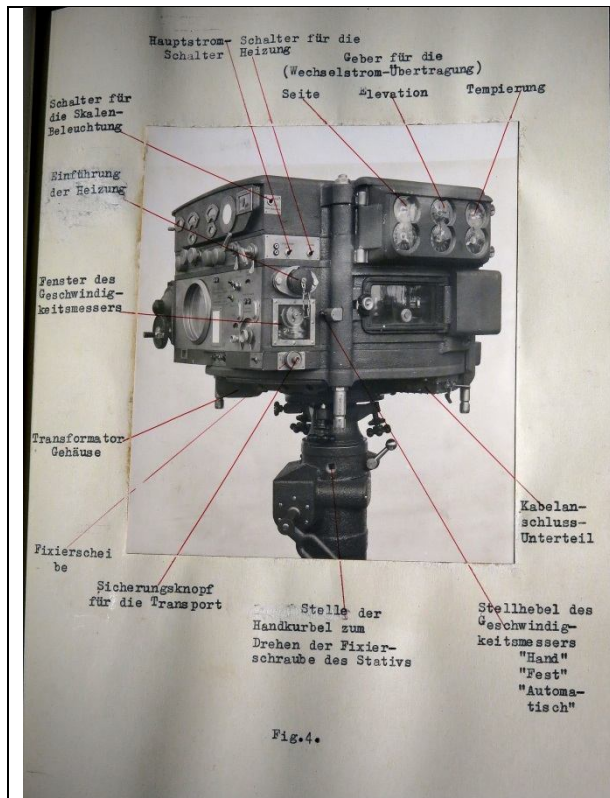
<http://www.bunker-kiel.com/marine-flak-brigade-i/marine-flak-abteilung-ugruko-251-sch%C3%B6nwohld/1-251-nordmark/>

(dort Kapitel 4):

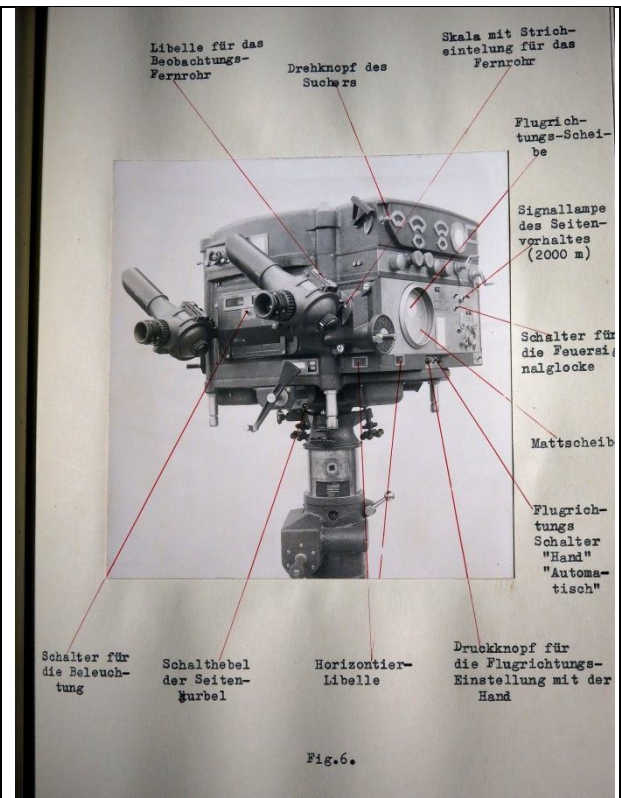
„Im Laufe des Jahres 1944 wurde das Hazemeyer-Gerät aus einem mir unbekannten Grund abgebaut und abgefahren. Stattdessen erhielten wir ein neues Gerät L 40 (?), das wir nicht so gut fanden, weil es sehr laute Motoren besaß, so dass man Tiefflieger nicht mehr herankommen hören konnte. Überdies besaß es keine Schleifringe sondern nur ein dickes Kabel an einem Galgen, so dass wir das Gerät im Einsatz nach etlichen Drehungen wieder zurücknudeln mussten, damit das Kabel nicht etwa abbriss.“

Bilder: Aussen- und Innenansichten

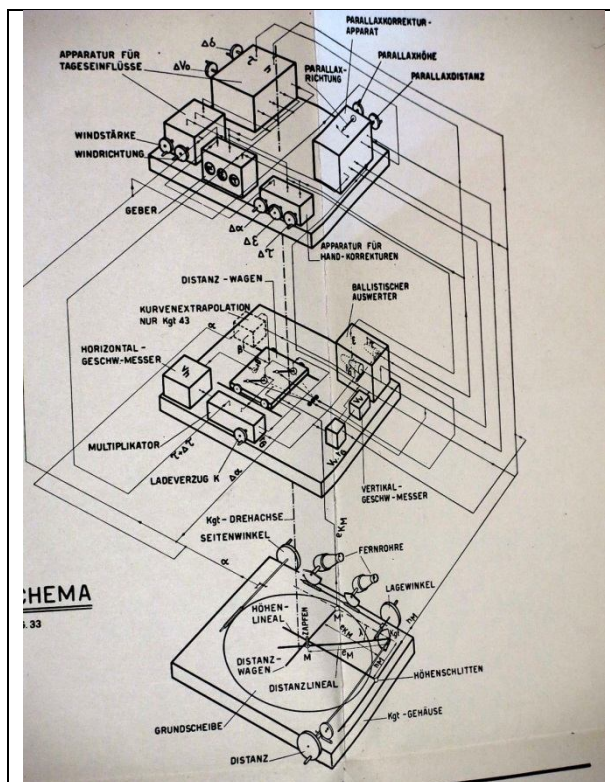
Die folgenden Fotos stammen aus schönen Original-Unterlagen, die gemäss handschriftlicher Notiz FW Kögel von Herrn Zadory erhalten hat, datiert Zuoz, 25.8.1938 resp. 18.10.1938. In späteren Jahren werden die Reproduktionen deutlich schlechter (ev. weil die Hefte für die Truppe in grösseren Auflagen benötigt werden). Das Papier ist etwas gewellt vom Einkleben der Originalfotos. Keine französische Sprache wie in späteren Auflagen. Wahrscheinlich in Ungarn gefertigt. Die schematischen Zeichnungen sind späteren Ursprungs.



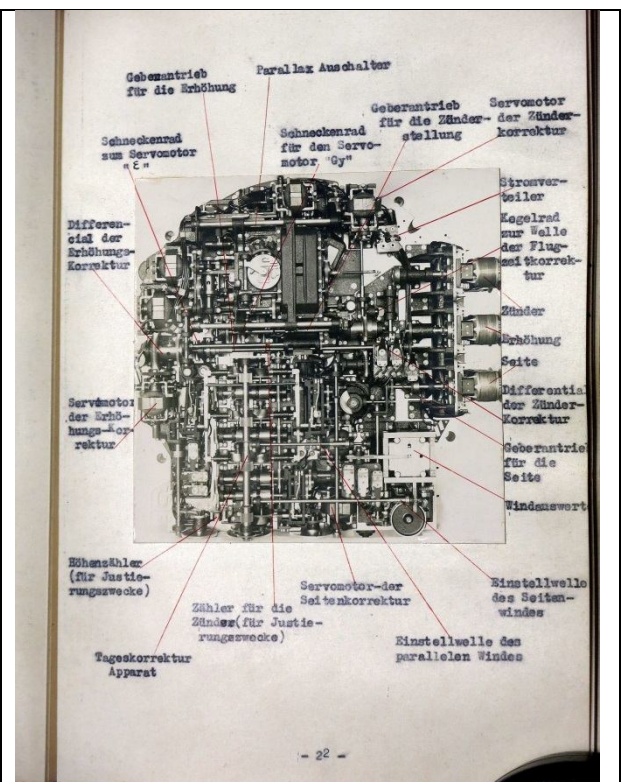
Das Gerät ist aufgebaut aus übereinanderliegenden Etagen. Rechts oben die Übermittlungsgeber für die Geschütze: Seite, Höhe und Tempierung, mit Grob- und Feinanzeige der Werte.



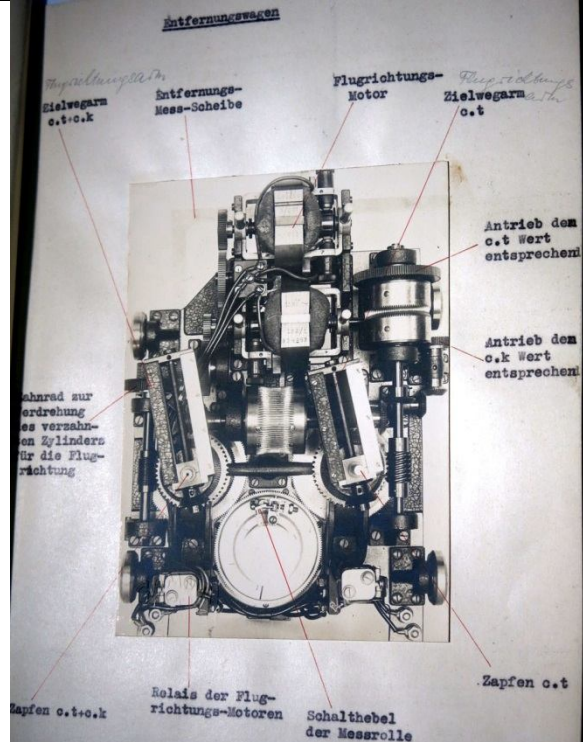
Mit den beiden Fernrohren wird das Flugzeug verfolgt, seitlich folgt das ganze Gerät (Handkurbel unter Fernrohr rechts). Bei sehr tiefen Winkeln behindern sich die Fernrohre. Einblick ins Fernrohr stets horizontal (bequemer!).



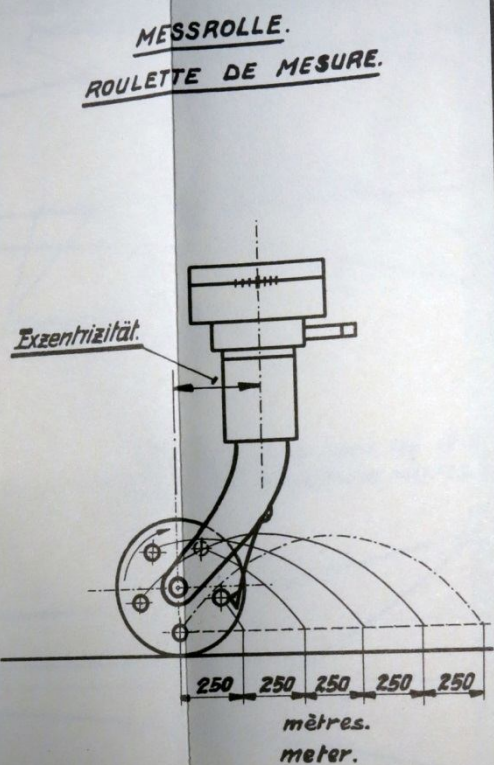
Etagenweiser Aufbau der einzelnen Rechengetriebe. Die Informationen müssen jeweils mechanisch übertragen werden – Aufbau und Abbau der Etagen sind diffizil. In der Mitte der Entfernungswagen. HASLER-Version 43



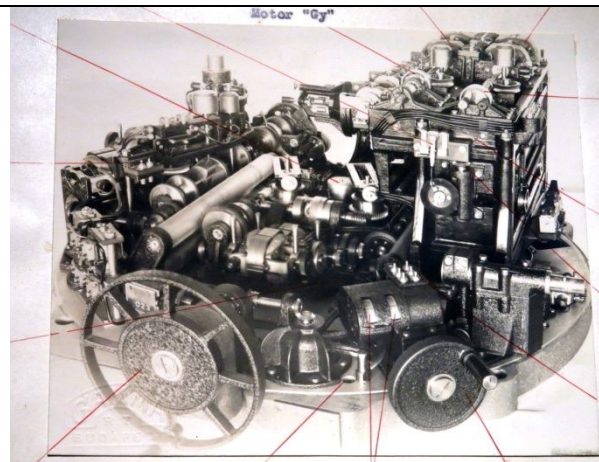
Blick auf die oberste Etage mit den vielen Fein-Korrekturen. Rechts die drei Geber, um die Ausgangswerte elektrisch an die Geschütze zu übertragen. Servomotoren = Elektromotoren für die „elektrische Nachführung“ der Variablen (p.8-11)



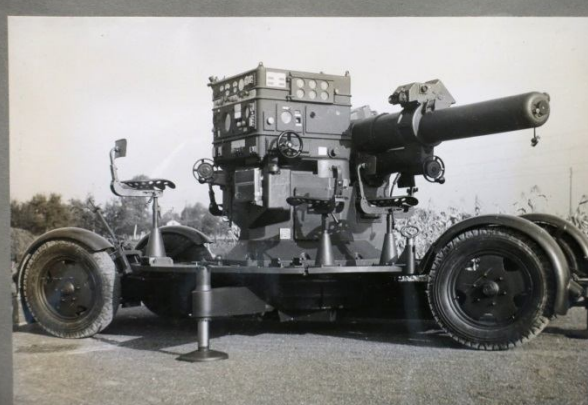
Blick auf den Entfernungswagen. Vier Räder zuäusserst. In der Mitte oben die beiden Motoren für die Flugrichtung: sie steuern die beiden Flugrichtungsarme, auf denen in korrekter Richtung der Vorhalt abgetragen wird. Per Spannseil (nicht sichtbar) wird die Distanz vom KG zum Treffpunkt abgemessen, um die Flugzeit zu bestimmen. Rechts oben ein Zahnrad, das während der Fahrt in die lange Zahnwalze eingreift, um den Wert des Vorhaltes zu empfangen (Antrieb)



Unter dem Entfernungswagen (grosser, heller Kreis unten) ragt die Messrolle nach unten, bis zu einer fixen Grundplatte. Hier wird der Weg und die Richtung des Flugzeugkurses (Kompassrichtung) abgetragen. Alle 250 m Flugweg gibt es einen elektrischen Impuls, woraus die Horizontalgeschwindigkeit des Flz. bestimmt wird. Für die Vertikalgeschwindigkeit wird anders gerechnet: Nach immer gleich viel Sekunden wird die Höhenänderung bestimmt.



Der Entfernungswagen ist eingebaut, etwa in der Mitte. Sichtbar sind die beiden Flugrichtungsarme und eine der langen Zahnwalzen zur Informationsübertragung auf den fahrenden Wagen. Vorne gross (d.h. genau) das Handrad zur Einstellung der Distanz zum Flugzeug (einziger Folgezeiger).



Später Versuch, das Kommandogerät (Weiterentwicklung HASLER 43, Gehäuse ist eckiger geworden) ähnlich wie in anderen Ländern fahrbar und direkt mit dem Telemeter verbunden auszugestalten. Bei der Truppe unbekannte Form.

Die Geschwindigkeitsmessung (horizontal)

Es stehen wahlweise zwei identische Geschwindigkeitsmesser zur Verfügung. Der Ausgang des einen geht direkt in die Vorhalte-Rechnung ein, der Ausgang des anderen Gerätes geht auf einen Zeiger, so dass der Wert abgelesen werden kann – von Hand lässt sich dann ein (gemittelter) Wert einstellen, der in die weitere Rechnung eingeht. Beide Mess-Systeme ermitteln die Geschwindigkeit des Flugzeuges aus der Information der „Messrolle“, welche massstäblich den Weg des Flugzeuges (Kartenprojektion) abspult. Alle 250 m schliesst die Messrolle einen elektrischen Kontakt, der immer die alte Geschwindigkeitsmessung abschliesst und eine neue einleitet. Durchmesser der Messrolle: 9.95 mm

Die Geschwindigkeit wird wie folgt gemessen, vgl. die beiden Schema-Zeichnungen unten:

Es gibt zwei durch **Zentrifugalregler** (!) drehzahl-stabilisierte Elektromotoren: Der „Zeitmotor“ läuft ununterbrochen, der „Hilfsmotor“ wird über Kontakte ein- und ausgeschaltet. Der Zeitmotor ist fest gekoppelt mit dem „Antriebsrad“ ganz rechts, welches einmal herumdreht in 12 Sekunden. Weiter gibt es (vereinfacht) das „Messrad“ in der Mitte, welches seitlich verschiebbar ist, und das „Einstellrad“ am Schluss, das den fertigen Geschwindigkeitswert weitergibt in die Vorhalt-Multiplikation: Flugzeuggeschwindigkeit mal Flugzeit der Geschosse (resp. blosse Zeiger-Bewegung beim Mess-System I).

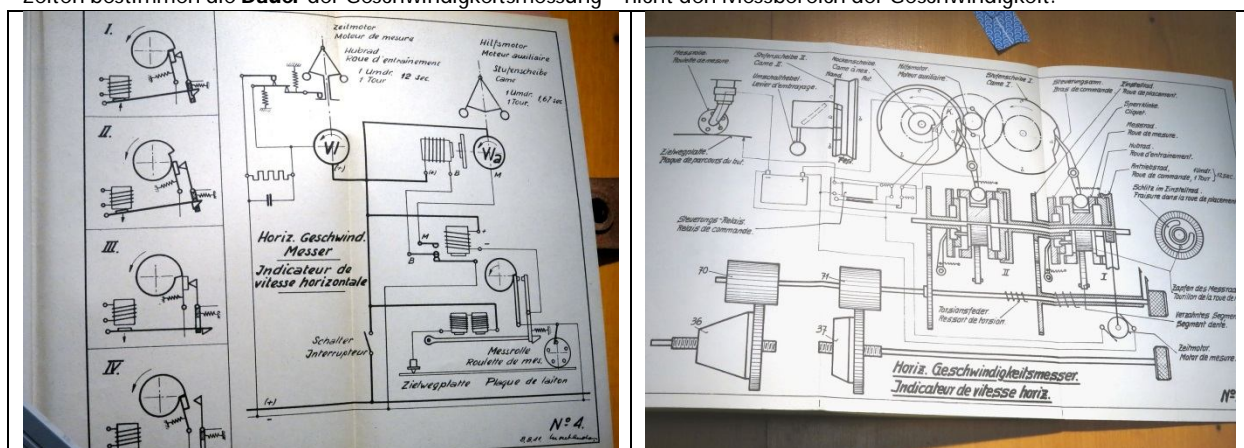
Der Hilfsmotor diktiert über eine Stufenscheibe und einen Steuerungsarm, wie das Messrad den Messwert seitlich weitergibt. Vor jedem einzelnen Puls der Messrolle ist das Messrad an das Antriebsrad gedrückt und verdreht sich linear mit der Zeit. Liefert die Messrolle den elektrischen Kontakt, wird das Messrad vom Antriebsrad gelöst, bezüglich Drehung arretiert, auf die andere Seite an das Einstellrad gedrückt, das seinerseits den Winkel vom Messrad übernimmt, und dann ebenfalls arretiert wird. Schliesslich wird das Messrad bezüglich Drehung frei gemacht, es fällt in seine Null-Lage zurück, und wird erneut an das Antriebsrad gedrückt. Der Hilfsmotor wird am Nockenrad per elektrischen Kontakt ausgeschaltet (Phase IV), und alles wartet auf den nächsten Puls der Messrolle. Bei einem langsamen Flugzeug bleibt das Messrad länger an das Antriebsrad gedrückt, bei einem schnellen Flugzeug nur kurz. - Für weitere Erklärungen siehe die Seiten 17-22 des Dokumentes 15 (1941), Archivierungsnummern siehe Bildnachweis am Schluss. Die Worte „rechts“ und „links“ sind dort jeweils vertauscht, bezüglich des hier wiedergegebenen Schemas.

Messbarer Geschwindigkeitsbereich für das Flugzeug:

Erste Geräte 1938:	Min 27 m/s	Max 150 m/s	entspricht 100 – 540 km/h
Kgt. 40, 43:	Min 40 m/s	Max 200 m/s	entspricht 150 – 720 km/h
Kgt. 50:		Max 300 m/s	entspricht 1080 km/h
Möglicher horizontaler Vorhalt:	Kgt 38, 40: 2050 m.	Kgt. 43: 2700 m	Kgt.50: 4500 m
Bereich der Vertikal-Geschwindigkeit:	Kgt. 40: +15 bis -145 m/s	Kgt. 43: +20 bis -200 m/s	

Zeitdauer zwischen den Impulsen der Messrolle, für $v = 27 / 40 / 150 / 200$ m/s: 9.25 / 6.25 / 1.66 / 1.25 Sekunden.

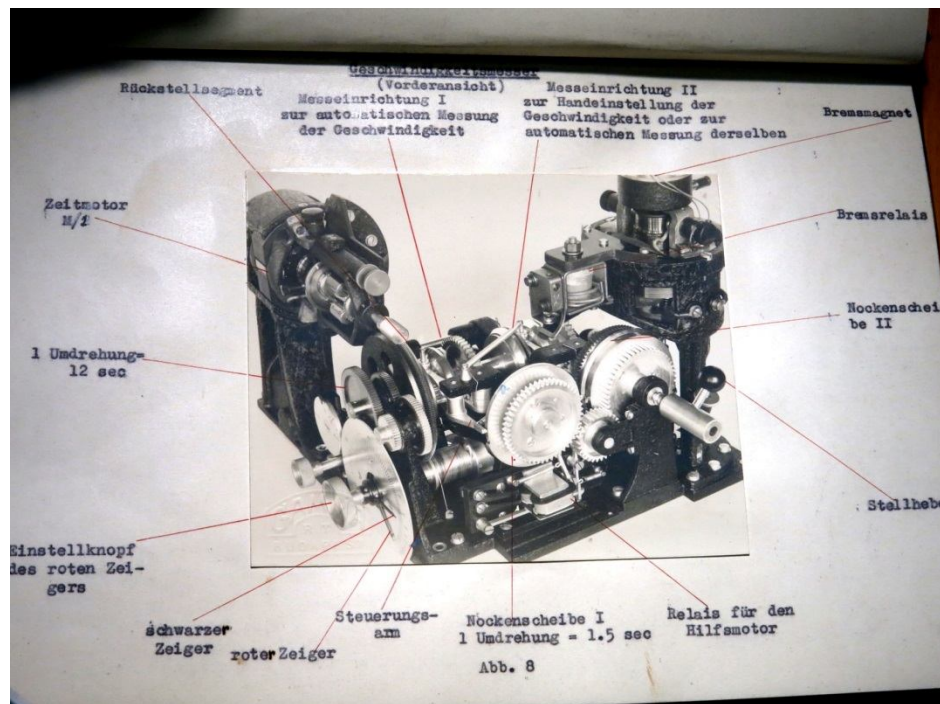
In Dok. 15 (1941) p.17 wird die Umdrehungszeit der Stufenscheiben mit 1 2/3 Sek. genannt, ebenfalls im Schema links (1941), in der Foto weiter unten mit 1.5 Sek. (1938). Seltsam... *später* soll die Scheibe langsamer geworden sein ?? Diese Zeiten bestimmen die **Dauer** der Geschwindigkeitsmessung – nicht den Messbereich der Geschwindigkeit.



Zwei Diagramme zum **horizontalen Geschwindigkeitsmesser**, links der elektrische Teil, mit der Messrolle rechts unten, die alle 250 m Flugweg einen elektrischen Puls gibt. Darüber die spiralförmige „Nockenscheibe“ (links in vier Positionen), welche im rechten Bild (mechanischer Teil) in der Mitte oben zu sehen ist, befestigt an der Stufenscheibe II. In den Phasen I bis III drehen Hilfsmotor und Stufenscheiben.

Der Messwert wird vom aktiven v-Messer stufenweise nach links zum Ausgang geschoben, wo die beiden **Vorhaltstrecken** (v des Flugzeuges mal Flugzeit, mit / ohne Ladeverzögerungszeit) mittels Formkörpern ermittelt werden. Die Vorhaltstrecken werden in den Flugrichtungsräumen gebraucht, um die Distanz zum Treffpunkt abzumessen. Die vertikale Geschwindigkeit wird anderswo bestimmt.

Abbildung des Geschwindigkeitsmessers in der technischen Ausführung:



Links, mit horizontaler Achse, der Zeitmotor. Rechts, mit vertikaler Achse, der Hilfsmotor. Beachte oben den Begriff „Bremsmagnet“, die Vermutung beim Elektroschema war richtig – die Motoren müssen sofort gebremst werden, wenn keine Bewegung mehr verlangt wird. Links unten die beiden Zeiger (rot und schwarz), die in einem Fenster am Gehäuse den Ausgang der beiden v-Mess-Systeme anzeigen. Ein Relais für den Hilfsmotor ist bezeichnet, am Hilfsmotor (rechts) befestigt ist ein weiteres. Mit dem Stellhebel ganz rechts kann gewählt werden: Automatisch, von Hand (mit laufender Handeingabe der Geschwindigkeit), oder fester Geschwindigkeits-Wert. Hinter den Nockenscheiben befinden sich die verschiebbaren Räder, welche den Messwert, d.h. einen eingefrorenen Drehwinkel weitergeben. Der Steuerungsarm verschiebt die Zahnräder, je nach Stellung der Nockenscheiben (sie werden im Schema auch „Stufenscheiben“ genannt).

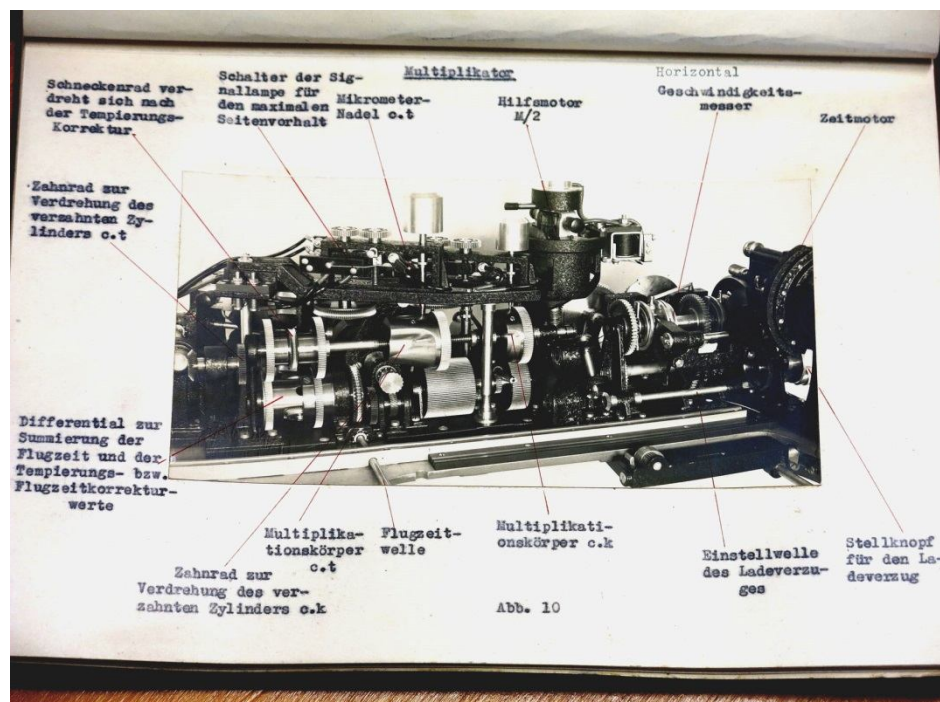


Bild oben: In der rechten Hälfte die Geschwindigkeitsmessung (zwei Motoren gut sichtbar), deren Resultat in den beiden Multiplikatoren (Formkörper, verschiebbar längs der Zahnwalzen) in der Bildmitte in die Vorhaltestrecke umgerechnet wird.

Wieso sind dem Gerät gleich zwei identische Geschwindigkeitsmesser (mit unterschiedlichem Ausgang) spendiert worden ?

Erste Fund-Stelle:

Aus persönlichen Notizen, „Seite 7“, 1938, Dokument 18, 19 oder 20: Die vertikale Geschwindigkeitsmessung sei nach Möglichkeit auszuschalten, um das teure und empfindliche Gerät zu schonen. Ev. wird anfänglich die Flugzeuggeschwindigkeit automatisch bestimmt, und sobald die Anzeige konstant ist, kann oder soll umgeschaltet werden auf „konstante Geschwindigkeit“ oder „Handbetrieb“ (eine Zu- oder Abnahme der Geschwindigkeit wäre am Zeiger sofort erkennbar). Der automatische v-Messer (horizontal) wird dadurch abgeschaltet und geschont.

Zweite Fund-Stelle:

Gefunden bei KÖGEL, Ref. 1, p. 66: „Schwankten die automatisch ermittelten Werte für Horizontale- und/oder Vertikale-Zielgeschwindigkeit, konnten von Hand Mittelwerte eingestellt werden“. Vgl. auch die Vermutung gleich unten!

Dritter Fund:

Bereits ab Gerät 40 steht nur noch **ein** Horizontal-Geschwindigkeitsmesser zur Verfügung. Und der arbeitet nur noch mit einem Motor – der separate Antrieb der Stufenscheibe mit der ganzen Ablaufsteuerung ist entfallen (unverstanden).

Die folgenden Punkte zur Geschwindigkeitsmessung wären abzuklären oder zu verifizieren:

Wie das Einstellrad am Ausgang den neuen Wert des Messrades übernimmt (aufwärts oder abwärts), ohne selber zuerst auf „null“ zu gehen und damit grosse Schwankungen in der nachfolgenden Rechnung zu bewirken, wurde nicht verstanden.

Das elektrische Schema zur Steuerung der Magnetbremse beim Hilfsmotor wurde nicht verstanden.

Die stets genannten „Multiplikatoren“ führen im Grunde genommen eine Division aus, da eine hohe Geschwindigkeit einem geringen Drehwinkel des Messrades entspricht. Statt (dem Sinne nach) eine Multiplikation mit der Zeit, wird eine Division durch den Drehwinkel ausgeführt. Zusätzlich muss in den Formkörpern eine feste Zeit von ca. 1.67 Sekunden dazugerechnet werden: während der Hilfsmotor aktiv ist und die Stufenscheibe dreht, fehlt Mess-Zeit, Andrückszeit ans Antriebsrad.

Unklar, unsicher wird die Geschwindigkeitsmessung bei schnellen Flugzeugen: Benötigt das Flugzeug ca. 1.67 Sekunden für die 250 Meter der Messrolle (bei $v = 150 \text{ m/s}$ resp. 540 km/h), so bleibt **fast keine Messzeit mehr übrig**, weil schon die Umdrehung der Stufenscheibe so viel Zeit benötigt!! Solange das Messrad während seiner Umdrehung nicht am Antriebsrad anliegt, wird auch kein Winkel mitgenommen. Schon bei leicht langsameren Flugzeugen müssen die Fehler der Geschwindigkeitsmessung sehr gross werden, ev. bis zur Unbrauchbarkeit, denn Beginn und Ende der Messdauer fällt zusammen mit dem Hochfahren und Abbremsen des Hilfsmotors, was Unsicherheiten zum Zeitpunkt des Andrückens und Wegnehmens ergibt.

Vermutung: Ist das der Grund, weshalb es einen zweiten Geschwindigkeitsmesser für Handbetrieb oder Handmittelung brauchte - weil die automatische Messung schneller Flugzeuge einfach nicht mehr möglich war ??

Die Skala der am Messgerät angezeigten Geschwindigkeiten erscheint unpraktisch, da alle relevanten Geschwindigkeiten arg zusammengedrückt sind zuoberst an der Skala, siehe Bild unten (die Zeiger sind nicht in sinnvoller Position).

Die grösste Genauigkeit der Geschwindigkeitsanzeige / -einstellung liegt bei $25\text{--}60 \text{ m/s}$, viel enger wird es bei $60\text{--}100 \text{ m/s}$, darüber ist fast nichts mehr sichtbar und nur ungenau ablesbar oder einstellbar; der Zeiger liegt ja noch etwas *vor* der Skala. Umgerechnet, genau: $90\text{--}210 \text{ km/h}$, einigermaßen: $210\text{--}360 \text{ km/h}$, darüber nur sehr ungenau oder bloss schätzbar.

Eine Liste der Reisegeschwindigkeiten der damaligen Flugzeuge musste abgebrochen werden, weil alles viel zu unsicher ist: oft werden Höchstgeschwindigkeiten in grosser Höhe angegeben, die Geschwindigkeit kann beim Einsatz ganz anders sein, usw. Schwere Bomber erreichten im ruhigen Flug $300\text{ bis }350 \text{ km/h}$, Jagdflugzeuge auch ohne Sturzflug deutlich mehr (Thunderbolt $500, 560 \text{ km/h}$). Ju-52 max 265 oder 290 km/h .

In der **horizontalen Geschwindigkeitsmessung** wird die Zeit bestimmt, welche für 250 m Flugweg benötigt wird:

>>> Die Strecke ist fest, die Zeit wird gemessen.

In der **vertikalen Geschwindigkeitsmessung** wird die Höhendifferenz bestimmt, um welche das Flugzeug innert zweier Sekunden steigt oder sinkt (ist im Schema oben nicht enthalten, siehe Plan des Gesamtsystems):

>>> Die Zeit ist fest, die Strecke wird gemessen.



Anzeige des Geschwindigkeitsmessers, Skala in m/s. Die relevanten Werte sind alle rechts zusammengedrückt. Ein schwarzer (System I, von Hand) und ein roter (System II, automat.) Zeiger sind sichtbar – beim Einschalten des Gerätes werden sie erst auf die richtige Position springen. Ausführung 1938.



Anschluss des Kommandogerätes GAMMA-JUHASZ an die Aussenwelt: Stromanschluss vom Generator mit Gleich- und Wechselspannung, Ausgang aller Messwerte an den Verteilkasten für die vier Geschütze, Feuerglocke, Telephonie, Masse. Blick von unten her, neben der Stativ-Säule (Telemeter hat einen eigenen Anschluss-Stecker).

Wind & Wetter & weitere Korrekturen

Bild dazu siehe Seite 12, rechts unten, und auch Seite 25

Das Gerät rechnet auf geometrischer Basis die drei Größen aus, welche den Geschützen zu übermitteln sind – und korrigiert sie zuvor noch ausgiebig, bevor die Werte wirklich auf die „Geber“ gehen. Einerseits sind direkte, freihändige Handeingriffe möglich, beispielsweise nach der Beobachtung der Sprengwolken in der Nähe der beschossenen Flugzeuge – andererseits können Witterungseinflüsse wie Windrichtung, Windgeschwindigkeit auch numerisch eingegeben werden.

Wie präzise sich die falsch liegenden Sprengwolken tatsächlich einzelnen Variablen zuordnen lassen, kann nur schwer abgeschätzt werden: liegt die Wolke hinter dem Flugzeug und zu hoch – ist dann die Lage richtig, aber die Tempierzeit war zu lang, oder sind Winkel falsch, oder müsste in der Rechnung die Geschwindigkeit des Flugzeuges vergrößert werden? Möglicherweise sieht der Mann am Telemeter die Verhältnisse klarer – aber der ist ja beschäftigt, er muss andauernd die Distanz zum Flugzeug richtig einstellen.

Die meisten Korrekturen erfolgen mit Hilfe von **dreidimensionalen Formkörpern**. Damit lassen sich auch komplizierte, nichtlineare Zusammenhänge berücksichtigen. Am Schluss werden die Korrekturen mittels elektrischer Nachführung erfasst und mit Motorkraft in rotierende Wellen eingeleitet, welche mittels **Differentialen** die zuvor errechneten Größen noch in richtigem Sinne und Betrag verändern. Ein Differential ist in der Funktion ähnlich wie das Differentialgetriebe im Auto, kann aber auch in leicht anderer Form besser hergestellt werden. Beim GAMMA-JUHASZ haben sie wahrscheinlich dieselbe Geometrie wie beim Autoantrieb.

In der folgenden Beschreibung wird bei der Korrektur Eingabe ein Zeichen ** gesetzt, wo es sich um **direkte Handeingaben** handelt, die im Gerät nicht mehr numerisch bearbeitet, sondern ganz am Schluss einfach zum Endwert addiert werden (die Skala beim Eingabeknopf ist aber schon numerisch angeschrieben). Im Ausschnitt sind **vier Motoren** sichtbar, deren Funktion angeschrieben ist. Bei drei dieser Motoren zur Korrektur von Zeit, Seitenwinkel und Höhenwinkel ist das zugehörige elektrische Mikrometer zur Steuerung der Motorrichtung in unmittelbarer Nachbarschaft angeordnet.

Korrekturen (Vermutung) – und sie erlauben es, die Teilkorrekturen von je **einer weiteren Variable** abhängig zu machen. So geht der Längs-Wind (parallel zur Schussrichtung) erst hier ein, während vorher der Einfluss von Flughöhe und Flugzeit zusammen kombiniert wurde. Insgesamt stellen die beiden Formkörper eine **kontinuierliche**, in Metall geschliffene **vierdimensionale Tabelle dar** – gewissermassen **eine Vorkriegs-Tabellenkalkulation**. *Dies 11 Jahre bevor die ETH eine halbfertige ZUSE-Maschine mietete und selber fertigbaute (1949), um „als erste Hochschule des Kontinents“ mit einer programm-gesteuerten Maschine Erfahrungen zu sammeln. Die Z4 stand in Betrieb 1950-55 („Bund“, 3.7.2013, p. 29). Sie arbeitete mit Relais und hatte ein mechanisches „Gedächtnis“ aus verschiebbaren, von Hand gesägten Blechformen mit einer Kapazität von 64 Zahlen.*

Die ersten Spuren von funktionsfähigen oder verkauften Geräten GAMMA-JUHASZ tauchen im Internet ab 1934 auf.

Windzerlegung in rechtwinklige Komponenten: Das erste Differential nach dem Eingaberad für die Windrichtung ist als Differenz geschaltet: Windrichtung relativ zur Geschützrohr-Richtung. Das zweite Differential im Weg der Windgeschwindigkeit hat mit der Drehung des inneren Kreises zu tun, welche die schräge Spindel zur Einstellung der totalen Windgeschwindigkeit veranlasst: wird nur allein die Windrichtung verstellt, so müssen der innere und der äussere Kreis miteinander drehen – so bleibt die Windgeschwindigkeit an der schrägen Spindel unverändert.

Weiterentwicklungen Typen 38, 40, 43, 43/50 R (Jahrzahl der Entwicklung)

Gerät 40 unterscheidet sich von 38 nur ganz minimal. So ist im Gerät 40 der mechanische Sucher oder „Kollimateur“ ganz entfallen (vgl. Titelseite, über dem Fernrohr rechts, und Seite 12, Fig. 6). Innerlich ist der zweite Geschwindigkeitsmesser (horizontal) entfallen, gewisse winzige Änderungen (Steckdose oder Schalter für die Feuerglocke) sind sichtbar. Das Gehäuse bleibt gleich, d.h. rund. HASLER betont, den elektrischen Teil deutlich weniger Fehler-anfällig gebaut zu haben.

Das **Gerät 43** erhält **verbesserte Handräder** zur erleichterten Eingabe von Seiten- und Höhenwinkel (ab Fernrohr) und der Schrägdistanz (ab Telemeter), sowie erstmals eine **Kurven-Extrapolation**. Das **Gehäuse** wird eckig, die Fernrohre werden neu oben montiert (Eingraben des Gerätes).

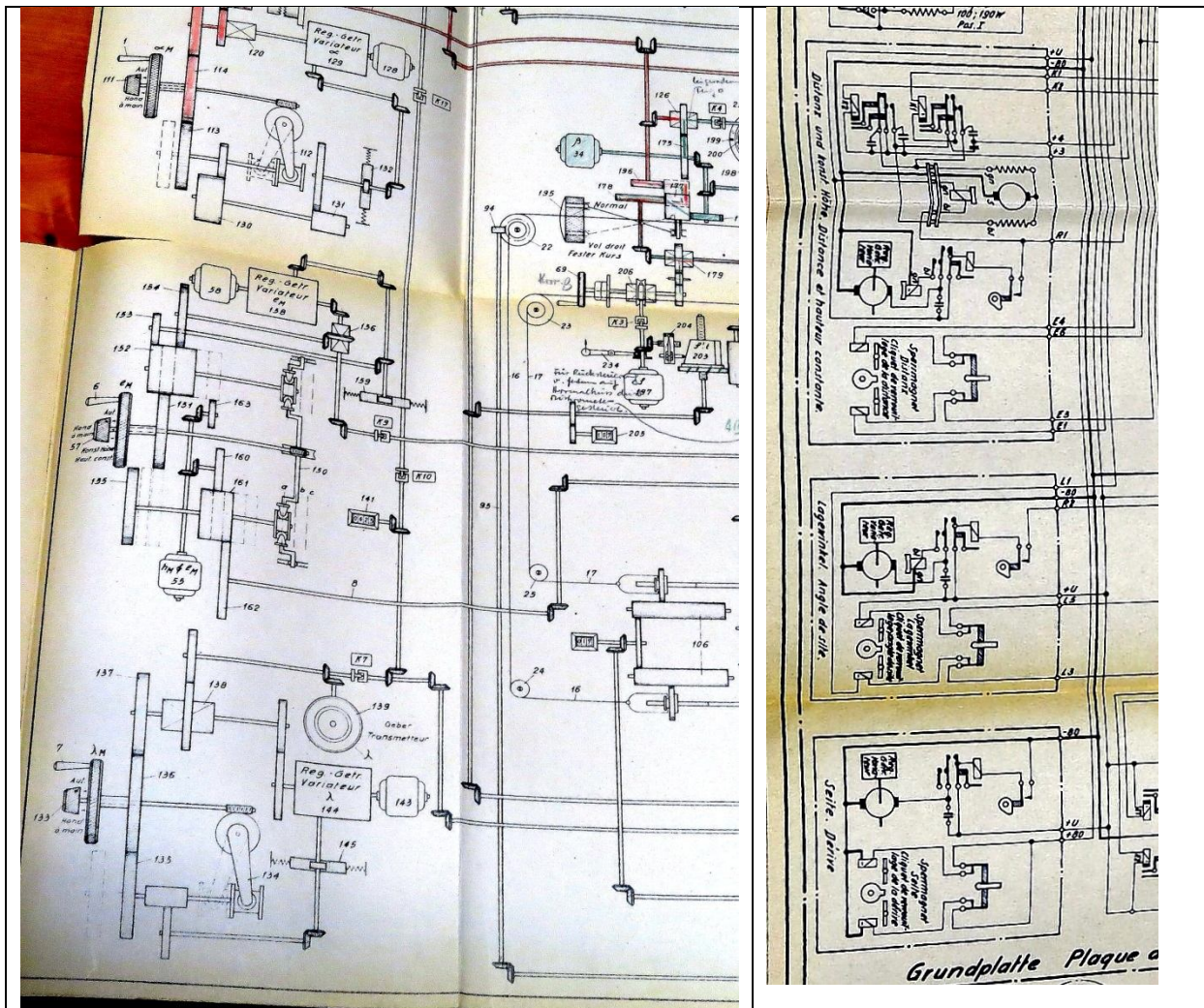
Bei den Handrädern erzeugen neue Elektromotoren variable Geschwindigkeiten, so dass die Handeingabe entlastet wird: Bei regelmässiger Zu- resp. Abnahme der Eingangsgrössen folgen die Motoren selbständig nach – nur wenn die Winkel allmählich abweichen, sind noch Hand-Eingriffe nötig. Die Bewegung von Handrad und Elektromotor werden in einem Differentialgetriebe zusammengezählt.

Für das **Gerät 43/50 R** ist durch HASLER ein Zwischen-Stockwerk entwickelt worden zur **Übernahme von Radardaten**. Dabei mussten Menschen die Radar-Werte mittels neuen Folgezeigern am Gerät laufend **von Hand wieder eingeben** – fast ein Anachronismus, wenn man berücksichtigt, welche ausführliche elektrische Nachfolgesteuern schon das Gerät von 1938 aufwies. Dank der Koppelung des Rechners mit dem Radargerät konnten die alten, grossen Horchgeräte ELASKOP und die Scheinwerfer ausser Dienst gestellt werden. Bild des 43/50 R siehe Seite 27.

Einige **Jahrzahlen und Zitate zur Koppelung des Radars mit dem Rechner**, aus dem Buch „Fliegerabwehr“ von Hermann Schild, p.46-50. Die Entwicklung ist nach dem Krieg nur langsam fortgeschritten:

- 1945 Erste Radarausbildung für Instruktionspersonal. Engl. Radar Mark IV (Vorgänger des später eingesetzten Mark VII)
- 1950 Versuche beginnen mit dem Radar Mark VII. Umbau eines Prototypen des HASLER-Rechners. Zielverfolgung ist mit Mark VII möglich, aber nicht die Ziel-Auffindung. Es braucht dazu ein Zielzuweisungs-Radar ZZR.
- 1951 Breit angelegte Radarisierungs-Versuche. 1952 Die Radar-Versuche werden fortgesetzt.
- 1953 24 Exemplare der insgesamt 83 Kommandogeräte werden nach und nach umgebaut auf 43/50 R (R für Radar)
- 1955 und 56 Die Bemühungen um die Radarisierung der schweren Flab werden „auf Sparflamme fortgesetzt“.
- 1957 Die wenigen Radargeräte Mark VII werden der Truppe zugeteilt.
- 1958-60 Weitere Mark VII werden beschafft, total 12 Stück. Alle Scheinwerfer-Kp werden auf das ZZR TPS 1-E umgerüstet.
- 1961-63 Beschaffung der 35-mm Zwillings-Kanone OERLIKON mit neuem, elektrischem Analog-Rechner und eigenem Radar (Fledermaus, Superfledermaus). Erst das Feuerleitgerät SKYGUARD (1975) arbeitet mit einem Digitalrechner.
- 1964-67 Umschulung der Verbände der schweren Flab auf 35 mm M Flab und Bloodhound (Raketen)

Neue Handrad-Eingabe ab Gerät 43:



Mechanischer Plan der neuen Handräder mit Motorunterstützung: Seite (oben), Höhe/Distanz (Mitte), Lagewinkel (unten). Durch Verschieben von Zahnrädern kann der Eingang ins Reguliergetriebe unterbrochen werden – der Motor selber wird auch elektrisch abgeschaltet. Es bleibt noch der alte, direkte Handbetrieb. Seite und Lage haben je einen „Geber“, oben abgeschnitten: Die Information, welches Flugzeug in einem Verband beschossen wird, geht vom Kgt an das Telemeter, damit genau dessen Distanz ausgemessen wird. Das Handrad „Höhe/Distanz“ ist kompliziert, weil ab Telemeter unterschiedliche Grössen (Schrägdistanz oder Höhe) angenommen werden. (War das ein Marketing-Element oder ein technischer Bedarf ??)

Elektrischer Plan der neuen Handräder: Distanz/Höhe (oben), Lagewinkel (Mitte), Seitenwinkel (unten). Die Idee des Sperrmagneten ist noch unklar. Die Drähte L3 und L5 zu den Sperrmag.-Spulen beim Lagewinkel sind anderswo angeschrieben mit „Null-steller Lagewinkel“. Wieso beim Lagewinkel-Motor eine magnetische Bremse vorhanden ist, beim Seitenwinkel nicht, auch die Sperrmagnete anders geschaltet sind, ist unklar.

Bei allen drei Handrädern wird bei einem Handeingriff **sowohl die Variable nachgestellt** (direkt vom Handrad zum Ausgang), wie auch **gleichzeitig ihre Veränderungsgeschwindigkeit**, d.h. die Motordrehzahl verändert. Das ergibt eine etwas undurchsichtige Lage – sind nicht Flugwege denkbar, bei denen die Handkorrektur des Fernrohr-Winkels und die Veränderung der Nachfolge-Geschwindigkeit mit unterschiedlichem Vorzeichen nötig wären? Ist eine feste Zahnrad-Verkoppelung der Winkel-Korrektur mit der Motorgeschwindigkeit sinnvoll und immer zulässig?

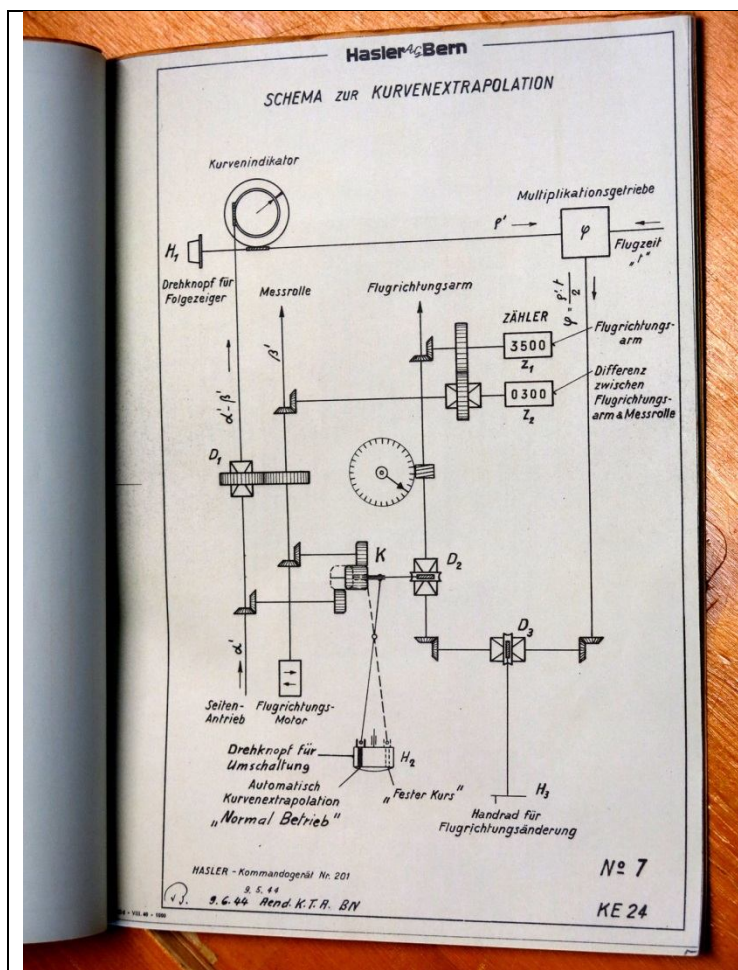
Man kann leicht falsch denken: was von Hand korrigiert wird, ist die **Abweichung** des Seiten- oder Höhenwinkels von der motorisierten, gleichmässigen Zunahme des Winkels. Per Handrad wird nachgestellt, wenn es die Krümmung der Winkelkurve als Funktion der Zeit verlangt. Der Motor liefert den Winkel korrekt, falls die erste Ableitung konstant ist, mit dem Handrad kann die zweite Ableitung berücksichtigt werden. Immer wenn das Flugzeug im Fernrohr der Motorbewegung nachhinkt (vorauselt), ist ein grösserer (kleinerer) Winkel und gleichzeitig eine höhere (geringere) Geschwindigkeit verlangt. Es geht also auf – alles ist korrekt und sinnvoll konstruiert. Wie sich alles einpendelt beim ersten Schwenker auf

das Flugzeug, also bei grossen und raschen Winkeländerungen, ist noch unbekannt. Hier gäbe es viel zu hohe Motorgeschwindigkeiten. Ev. ist der Motorbetrieb anfänglich ganz auszuschalten, bis das Flugzeug anvisiert ist (?).

Die seltsamen Elemente „zwischen Federn“ (z.B. Nr. 145 gleich unter dem Reguliergetriebe beim Lagewinkel) könnten so interpretiert werden: ein Schutz, damit der Motorantrieb nicht sich selber die Geschwindigkeit verstellt, falls das Bedienungspersonal die Finger ganz vom Handrad weggenommen hat; es ist ev. ein Minimal-Widerstand, damit das Differentialgetriebe „138“ nicht das Handrad in Bewegung setzt. Allerdings muss beim Seitenwinkel stets eine grosse Kraft aufgebracht werden, um das Gerät von 420 kg (Kgt. 43) zu drehen – der künstliche Widerstand müsste also beträchtlich sein (???).

Kurvenflug

Mit dem Gerät 43 wird erstmals eine neue **Extrapolation für den Kurvenflug** eingeführt. Der Spezialist vom Deutschen Heereswaffenamt, Alfred Kuhlenkamp, schreibt in seinem Buch „Flak-Kommandogeräte“ (1943) auf p. 16, dass die meisten, insbesondere die ausländischen Kommandogeräte nur den horizontalen Geradeausflug beherrschen. Wenige, u.a. das Deutsche Kgt. 36, lösen auch den geraden, regelmässigen Steig- oder Sinkflug (so auch GAMMA-JUHASZ). Von einem konkret gelösten Kurvenflug ist nicht die Rede – das neue deutsche Kommandogerät 40 verschweigt er allerdings völlig (bei K.D. Gattnar (Jenaer Jahrbuch 2008 zur Technik- und Industriegeschichte) geht auch beim Kgt. 40 kein Kurvenflug hervor. Auch beim englischen VICKERS (etwas älter) ist kein Kurvenflug ersichtlich – womöglich hat die Firma HASLER also echtes Neuland betreten? Bis zum Beweis des Gegenteils: **HASLER hat bis zum Kriegsende womöglich erst- und einmalig ein Feuerleitgerät mit Kurvenflug ausgestattet!**



Die Messrolle bildet (ab Seitenwinkel und Distanz) den Flugweg ab und stellt sich parallel zur echten Flugrichtung. Mittels elektr. Nachführung (nicht gezeichnet) folgt der Flugrichtungsmotor stets diesem Wert. Der Kurswinkel wird beim Flugzeug allerdings von Norden her gemessen, der Flugwinkel beim Kgt. von der sich drehenden Visierlinie zum Flugzeug. Die Differenz zwischen Seitenwinkel und Flugwinkel (Differential D1) gibt die Kursrichtung des Flz. ab Norden. Dieser Wert wird im Kurvenindikator alle zwei Sekunden in eine Geschwindigkeit umgewandelt, die **Kursänderungsgeschwindigkeit**, die von Hand am Folgezeiger gleich wieder neu eingegeben wird. Multipliziert mit der Geschossflugzeit, resultiert daraus die bis zum Treffpunkt zu erwartende Verschwenkung des Flugweges (Winkel zwischen der Tangente an die Flugbahn und der Sehne bis zum Treffpunkt).

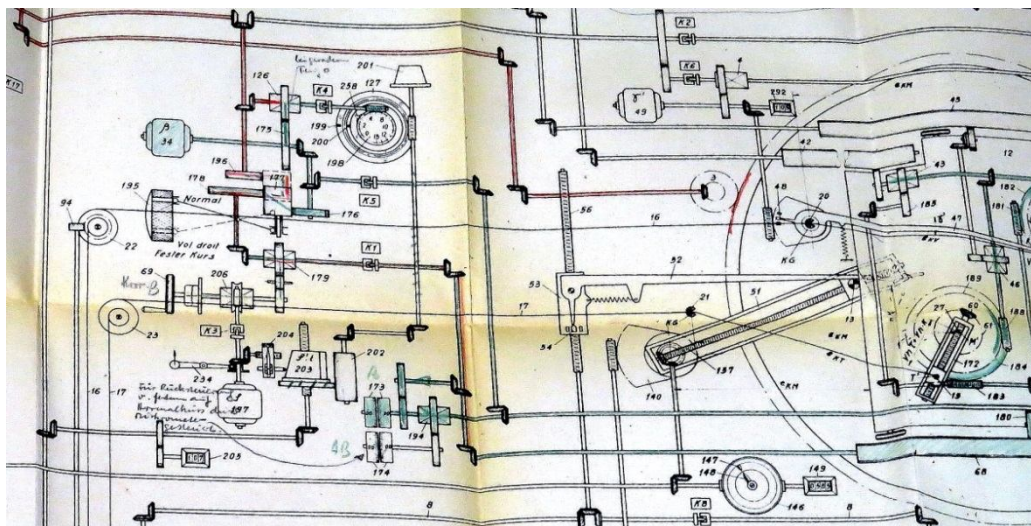
Dieser Winkel wird im Differential D2 zum Flugrichtungswinkel dazugezählt, und dieser korrigierte Wert geht zum Flugrichtungsarm, wo die Vorhaltestrecken und -winkel gebildet werden.

Die Multiplikation erfolgt mit einem Formkörper: Translation gemäss der Geschoss-Flugzeit, Rotation nach der Verschwenkungsgeschwindigkeit. Der Ausgang des Multiplikators gibt den Zusatzwinkel zum Flugwinkel infolge des Kurvenfluges.

Mit dem Handrad H3 wird bei der Bereitschaftskontrolle (ohne Flugzeug) der Zähler Z2 auf null gesetzt.

Ob ein Differential addiert oder subtrahiert, kann von der Drehrichtung der Zahnräder abhängen.

Es folgt die Kurvenextrapolation im Getriebeschema eingebaut, Schema Kommandogerät 43, siehe unten:



Ecke links oben, horizontal: zuoberst Seitenwinkel für die Flugrichtungsscheibe; zweitoberst: Seitenwinkel anders übersetzt, zur Einstellung des ganzen Gerätes. Ecke links unten, horizontal, zuunterst: Flughöhe. Zweitunterst: Schrägdistanz zum Flugzeug. Dritunterst: Geschoss-Flugzeit. Rechts beim sichtbaren Flugarm: 68/183/184 Einstellung des korrigierten Flugwinkels, der Winkel wird anders, als die Messrolle anzeigt. 42/188/60/61: Einstellung Vorhalt. Die beiden Drahtseile ergeben die Distanz zum Treffpunkt, was in grossen Formkörpern (nicht im Bild) in Flugzeiten umgewandelt wird und zur Berechnung der Elevation der Kanonen beiträgt.

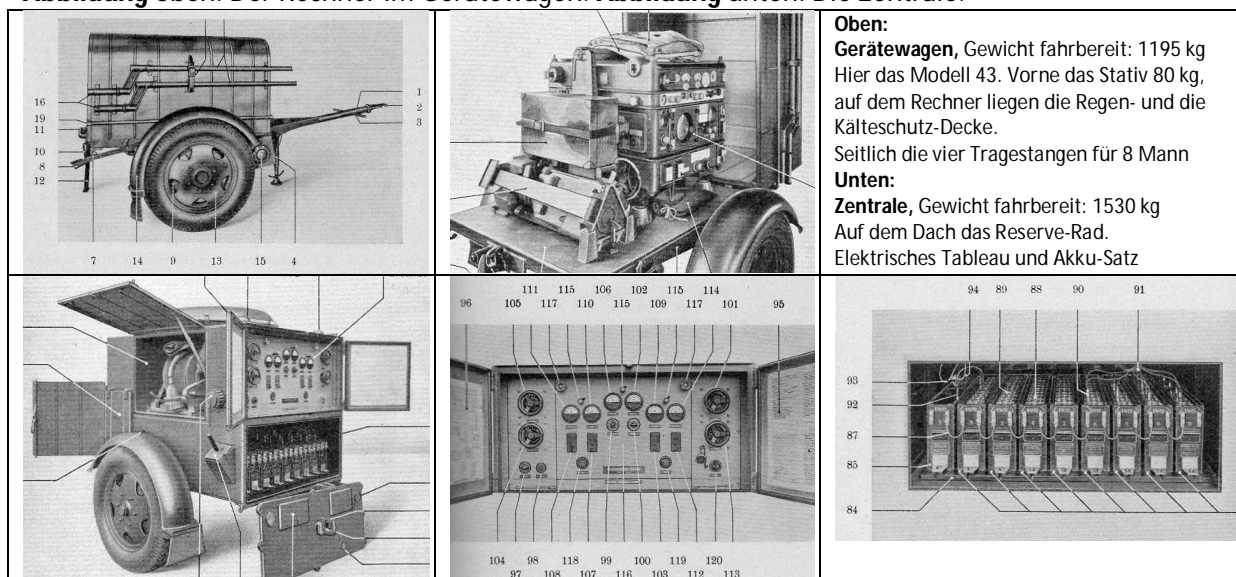
Mobile Computing

Der Rechner (Kgt. 40 / 43: 325 kg / 424 kg) wird mittels Tragegestangen (8 Personen) auf den Gerätewagen gewuchtet. Ein zweiter Anhänger ist die „Zentrale“, mit Benzinmotor 2.7 PS, Generator DC, Umformer AC, Kabelrollen, div. Ausrüstungen, und mit einem Akkusatz von 84 Zellen, 130 V, 30 Ah. Der geladene Akku reicht für ca. 3h Betrieb (ohne Zusatzheizung).

Nach Möglichkeit soll die Heizung des Rechners ab dem zivilen Stromnetz betrieben werden. Reichen im Winter die Möglichkeiten zur elektr. Heizung nicht aus, so stehen zwei „Katalyt-Öfen“ für die Warmluftheizung zur Verfügung. Die Temperatur im Gerät soll im Winter nicht unter +5°C fallen, im Sommer nicht über +40°C. Elektrische Heizungen stehen je nach Stromquelle von 100 W bis 665 W zur Verfügung. Muss der Akku zum Rechner-Betrieb auch noch die kleinste Stufe der Heizung liefern, reduziert sich die Betriebsdauer auf ca. 2 h. Kabellängen zwischen Rechner und Zentrale (Lärm des Benzinmotors darf die Fliegergeräusche nicht zu stark stören): 50m bis 150 m

Bedienung: Zum Stellsbezug / Stellsabbau sind acht Mann erforderlich. Beim Schiessbetrieb arbeiten fünf Mann direkt am Rechner, plus ein Gerätechef, plus die Feuerleitung, plus Telemeter (plus Ablösungen...).

Abbildung oben: Der Rechner im Gerätewagen. **Abbildung unten:** Die Zentrale.



Oben:
Gerätewagen, Gewicht fahrbereit: 1195 kg
Hier das Modell 43. Vorne das Stativ 80 kg, auf dem Rechner liegen die Regen- und die Kälteschutz-Decke.

Seitlich die vier Tragegestangen für 8 Mann

Unten:
Zentrale, Gewicht fahrbereit: 1530 kg
Auf dem Dach das Reserve-Rad.
Elektrisches Tableau und Akku-Satz

Anhang 1:

Varia, Diverses, historische Splitter und Einzelfunde

Das Gegenstück zu den Kommandogeräten in den Flak-Batterien waren die **mechanischen Bombenrechner** in den Flugzeugen, welche auf Grund der eigenen Position, Geschwindigkeit, Flughöhe den optimalen Abwurfpunkt für die Bomben auszurechnen hatten. Diese Rechner mussten (im Gegensatz zur Flak) möglichst leicht konstruiert sein.

Finnland hatte vor und während des zweiten Weltkrieges bezüglich Fliegerabwehr ein grosses Sammelsurium unterschiedlicher Waffen. So waren offenbar 13 verschiedene Typen von schweren Flak-Geschützen in Gebrauch, Kaliber 75 mm und 76.2 mm. Daher wurden in Finnland Kommandogeräte von **neun unterschiedlichen Herstellern** verwendet! Gelobt werden VICKERS GB („best computer in the winter war“), LAMDA 1940 Germany („best computer in WW II, actually a full fire control device“). Das Gerät GAMMA-JUHASZ (1936) ist ebenfalls verwendet worden: „Licence-made in Finland by Strömberg, three sub-models: I, II and improved III“. Ganz unbrauchbar sei das italienische Gerät Gala-Borletti gewesen: „worthless“. - In Schweden ist das GAMMA-JUHASZ durch „Arencos“ in Lizenz produziert worden, 1942.

Der finnische General NENONEN war Mathematiker, in der Artillerie verwurzelt, hat auf der Militärakademie in St. Petersburg studiert. Er hat mit Erfolg Vereinfachungen bei der Artillerie eingeführt, so dass schnellere Zielwechsel möglich waren. „The trajectory calculation formulas he developed are still in use today by all modern artillery“. Daneben hat er bei der Fliegerabwehr offenbar eine Idee verfolgt, wie man das Feuer eröffnen kann (ev. muss), ganz *ohne Kommandogeräte* zu benutzen, die immer teuer und viel zu knapp vorhanden waren. Dies war die sog. „3T-Methode“ – leider ist es bisher nicht gelungen, Genaueres darüber zu erfahren. Die Methode habe viel Personal gebraucht, habe nicht richtig funktioniert, heisst es. Was war die Idee des Mathematikers NENONEN? Das wäre schon interessant!

Firma Gamma-Juhasz

Zoltan und Istvan Juhasz waren die zwei führenden Köpfe der Firma Gamma-Juhasz, Söhne eines ungarischen Parlamentariers. Istvan war der technische, Zoltan der wirtschaftliche Leiter des Unternehmens. Istvan Juhasz ist derselbe wie Stephen Shepherd (dieselben Lebensdaten 1894-1981, dasselbe Foto). Juhasz heisst auf Ungarisch etwas wie Schäfer, Schafhirte. Einmal wurde die Firma im Internet als Firma „Gamma Shepherd“ gefunden.

Frühling 1945: (Zoltán had fled to the West with his family, and eventually ended up in Colombia, South America, where, harking back to an early 19th century ancestor, they changed their name to Andujar.)
Siehe unter <http://magyarnews.org/news.php?viewStory=995>

Dort auch:

The end of World War II changed all that. They were still able to stop the Germans from taking away the Swiss, English and German precision machinery of the Gamma Works, but later on, the Russians took every serviceable instrument, machine and semi-finished product, as well as most of the raw materials. The firm had to lay off its thousands of workers. ((Auch bei Zeiss/Jena heisst es, dass die Russenrestlos **alles** abgeräumt hätten!))

In der Schweiz war das Gerät bei Kriegsende längstens in Lizenz-Produktion durch HASLER. Ob es dennoch ungarische Original-Bestandteile dazu brauchte ??

Istvan Juhasz war offenbar Chef von 1921-45. Es sollen mehr als tausend Stück des Kommandogerätes gebaut worden sein, verwendet in: (die Schweiz wurde in dieser Liste vergessen... Schweden ebenfalls)
China, die Niederlande, Norwegen, Finnland, Austria, Italien, Iran, Argentinien, Polen und die Sowjetunion.

Wirkung am Ziel

Die Erfolge waren bei der schweren Fliegerabwehr sehr gering. In Deutschland, Wien etc. war das bekannt, das Ansehen der Flak war bei der Bevölkerung nicht gut. Man fragte sich, wieso die – trotz der eindrucklichen Flak-Türme und des ganzen „Feuerzaubers“ – eigentlich nicht mehr Flugzeuge abschiessen.

Aus <http://www.mil-mod.de/html/fla-kanonen.html> entnommen:

Zu Beginn des Krieges war die deutsche Flakartillerie nach vorherrschender Expertenmeinung die stärkste, modernste und effektivste der Welt. Dies änderte sich jedoch im Verlauf des Krieges dramatisch! Waren **zu Beginn des Krieges „nur“ etwa 4200 Schuss** der schweren Flak erforderlich, um einen mittleren Bomber abzuschießen so wurden bereits **Anfang 1944 zwischen 15.000 und 17.000 Schuss** benötigt, um das gleiche Ziel zu erreichen. Ursache hierfür waren neben der schlechteren Ausbildung des an den Geschützen und Feuerleitrechnern eingesetzten Personals (Flakhelfer/innen, RAD-Leute, „HiWi's“, Kriegsversehrte, Firmenangehörige der zu schützenden Objekte, Geisse, etc.) auch die fortschreitende technische Entwicklung der alliierten Flugzeuge (Flughöhe und -geschwindigkeit) sowie die zunehmende Erfahrung der alliierten Flugzeugbesatzungen.

Peter Ortmanns, Flakhelfer, p. 33, Adresse siehe weiter unten, bei backbierpeter...:

Im Zeitraum vom 5. März bis 29. Juni 1943 wurden 18.506 feindliche Einflüge erfasst. Die Abschüsse im gleichen Zeitraum betragen 872 Maschinen, das entspricht 4,7 %.

Bei einer Rede am 26. Juni 1942 vor dem englischen Unterhaus gibt Churchill bekannt, das bei einem Angriff von 726 Flugzeugen auf die Stadt Essen 35 nicht zurückgekehrt sind, das entspricht 4,9 %.

Man kann auf Grund eines Vergleichs verschiedener Informationsquellen mit Sicherheit annehmen, dass die Verluste weit unter 5% lagen. Laut Ermittlungen des Generalstabes der Luftwaffe - Generalquartiermeister - wurden bei 8.706 Abschüssen 35.322.260 Granaten aller Kaliber verschossen. Das entspricht **4.057 Granaten für einen Abschuss**. Natürlich sind die vielen beschädigten Maschinen oder die, welche bei der Landung zu Bruch gegangen sind, in diesen Zahlen nicht enthalten.

In der Schweiz wurde die Trefferwahrscheinlichkeit der schweren Flab deutlich optimistischer eingeschätzt:

Oberst Alfred Büchi (ASMZ, 1934) meldet, dass es **60 Schuss braucht, um ein Flugzeug vernichtend zu treffen**:

<http://retro.seals.ch/cntmng?pid=asm-003:1934:80=100::1051> (dort p. 364). Dies ist allerdings eine Prognose, die deutschen Werte dagegen basieren auf einer Auswertung.

In Deutschland war das Innenleben der Kommandogeräte derart geheim, dass sich die Truppe entfernen musste, wenn die Waffenwarte daran arbeiteten. <http://www.backbierpeter.de/joomla/images/pdf/ortmanns2.pdf> (Peter Ortmanns, p. 43)

Am 13. Juli 1943 stürzen zwei britische „Lancaster“ ab, einer in Bouveret, einer bei Sion. Sie gehörten zu einem Verband, welcher von England westlich vom Mt. Blanc über Annecy nach Turin hätte fliegen sollen – infolge schwerer Gewitter über Frankreich gerieten aber über 100 Flugzeuge ins Wallis. Sie wurden auf dem Col du Marchairuz durch die CH-Flab beschossen und verschiedentlich getroffen (mitten in der Nacht!). Die zwei Abstürze gelten als Abschüsse durch die schweizerische Fliegerabwehr.

Die Mannschaften beider Bomber sind auf dem Friedhof in St. Martin, Vevey begraben. Wer ihre Gräber aufsucht, findet einen **ganzen Soldatenfriedhof** mit 136 gefallen britischen Soldaten, stammend aus dem ganzen Britischen Empire.

Pressebericht zur 70-jährigen Erinnerung an die beiden Lancaster-Abstürze im Wallis:

<http://www.lenouvelliste.ch/fr/en-continu/pourquoi-deux-bombardiers-seperdirent-en-valais-498-1201352>

Nachts wurden die Flugzeuge mit grossen **Scheinwerfern** gesucht (in der Schweiz waren sie anlässlich der EXPO 64 rings um Lausanne ein letztes Mal in Betrieb). Mittels **Horchgeräten** wurde versucht, die ankommenden Flugzeuge rechtzeitig zu orten. Besonders schöne Fotos von Horchanlagen finden sich in:

<http://www.alternatehistory.com/discussion/showthread.php?t=185434&page=23>

(weit nach unten scrollen; es gibt auch Bilder früher Radar-Anlagen). Im Flieger-Flab-Museum in Dübendorf ist ein grosses Horchgerät ELASCOPE ausgestellt.

Anhang 2:

Allerlei zum Kommandogerät GAMMA-JUHASZ

>>> **Vorsicht mit Jahrzahlen:** Das „Kgt. 40“ wurde offenbar 1940 entwickelt – bis zur Auslieferung verging noch einige Zeit. Im Feb. 1941 wurde immer noch das Schema gezeichnet, gedruckt und veröffentlicht mit dem doppelten v-Messer, d.h. vom ursprünglichen Gerät 38. Es gibt Zeichnungen vom Okt. 43, die das Gerät 40 betreffen, und nicht das Gerät 43. Wahrscheinlich gab es einen eigenen Typ 43/50, nicht identisch mit 43/50 R (Radar).

>>> **Schmieren des Gerätes:** Bitte nur mit **Knochen-Oel!** p. 12, Dok. 20 (1038) (persönl. Bild 276)

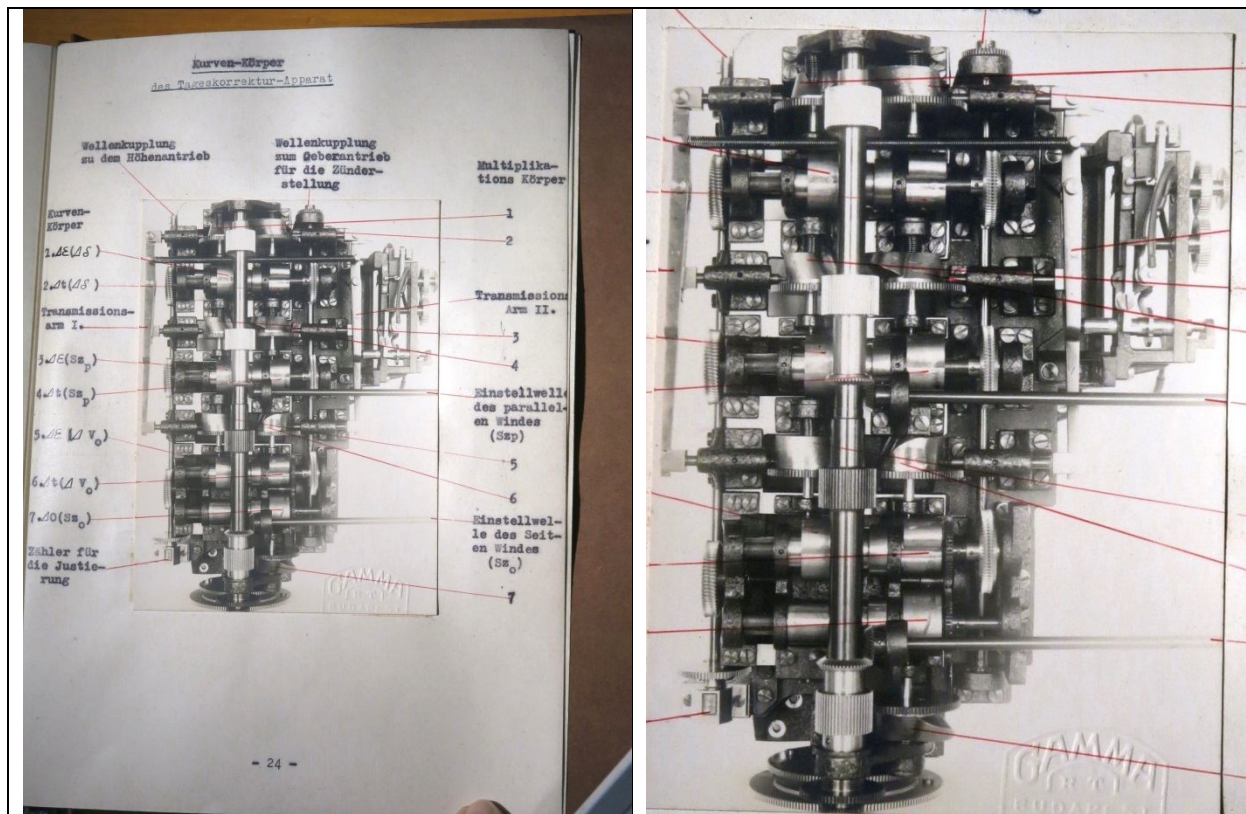
Die Schmierung ist durchschnittlich alle 600 Betriebsstunden zu erneuern.

„Die ballistischen Körper sind hauchartig überfettet (beinahe ganz trocken) zu halten.“

Der Grund für die winterliche Elektroheizung des Gerätes liegt in der Konsistenz der Schmiermittel.

>>> Die **Übertragung der Messwerte** zu den Geschützen erfolgt mit drei sternförmig angeordneten Spulen in einem magnetischen Wechselstromfeld. Beim Geber (Sender) werden die Spulen im Winkel richtig eingestellt, beim Empfänger folgen sie synchron und selbstständig. Allerdings wird bloss die Information übermittelt, eine Kraft zur direkten weiteren Verarbeitung kann nicht entnommen werden. Von Hand gibt das Bedienungspersonal die Information mit einem „Folgezeiger“ neu in das System ein. Alle drei Messwerte vom Kommandogerät und zu den Geschützen werden je in einer Grobskala und einer Feinskala übermittelt oder angezeigt (Feinskala am Geschütz: 100 A‰ pro ganzer Umdrehung). Vom Telemeter zum Kommandogerät funktioniert es gleich, aber ohne getrennte Grob- und Feinskala.

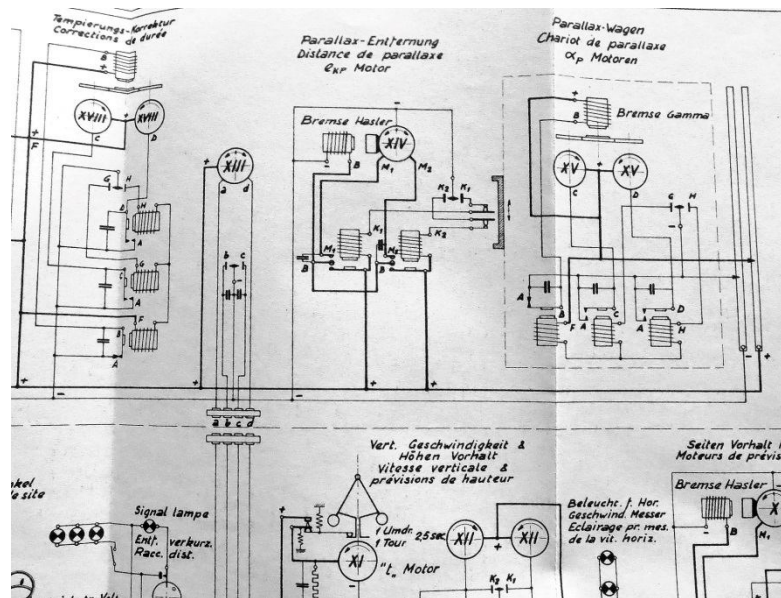
>>> Mehrere Feinkorrekturen der gerechneten Werte erfolgen mittels sorgfältig geformter „**Formkörper**“. Sollte je eine **andere Munition** verwendet werden, ein anderes Kaliber, ein anderes Geschütz usw., so müssen die Formkörper ersetzt werden. Die „Schiessplatz-Munition“ hatte in der Schweiz eine Anfangsgeschwindigkeit von **550 m/s**, die Kriegsmunition von **805 m/s**. Das soll beim viel langsameren Schleppsack einen vergleichbaren Vorhalt ergeben wie beim kriegsmässigen Schiessen. Man musste dazu die grossen ballistischen Formkörper auswechseln (Nationalbibl., G 3188/69, p. 13, 1940). In Dok. 15 (1941) ist auf p. 30 erwähnt, dass die Formkörper gerechnet sind für die Anfangsgeschwindigkeit „805 m/sec. (bzw. 550 m/sec.)“. Ob der Tageskorrektur-Apparat (ganz oder teilweise) ebenfalls ausgewechselt werden musste, ist noch unklar – das wäre die folgende Baugruppe, die ev. doppelt hergestellt wurde: (originalen Gamma-Stempel auf der Foto)



>>> Wie gelang die **Herstellung der Formkörper**? Wie lassen sich derart viele Punkte einer Funktion dreier Variablen ausrechnen? Die ersten elektronischen Analogrechner wurden im Zusammenhang mit der Raketensteuerung entwickelt – in Deutschland durch Helmut Hölzer (V2, Peenemünde), in Russland zum selben Zweck durch Sergei A. Lebedew. Für die Herstellung der Formkörper standen sie noch nicht zur Verfügung. Tischrechner zur manuellen Berechnung gab es natürlich. Wo etwa das Abbremsen eines Geschosses durch den Luftwiderstand nicht in einer geschlossenen Formel fassbar ist, wird die Handrechnung nicht mehr angenehm. Winkelfunktionen lassen sich mit Tabellenwerken auf Papier beherrschen. Bei ZEISS/Jena gab es allerlei Geräte wie „Kurvenkörper-Messgerät“, „Kurvenkörper-Feinkopierbank“, „Kopierfräsmaschine für Raumkurven“ Mod. 31 ... Mod. 40 (Vgl. Jenaer Jahrbuch zur Technik- und Industriegeschichte, 2008, Band 11, p. 56-58). Im Museum für Kommunikation, Bern, lagern ca. 140 grosse Folien mit unzähligen numerischen Fräs-Angaben von HASLER.

>>> **Elektrisches:** Der Generator erzeugt (ab Benzinmotor) im Compound-Betrieb 80 V / 12 A (DC) für das Kommandogerät, jedoch 120 V bis 150 V im Nebenschluss-Betrieb zum Laden des Akku. Das heisst, der Betrieb des Kommandogerätes und das Akku-Laden erfolgen nicht gleichzeitig?! Akku: 84 Zellen Nickel-Eisen-Zellen mit 30 Ah bei Entladung mit 6A. Laden, sobald $U < 84$ V. Ladung bei 6A, bis Spannung von 126 V auf 153 V angestiegen ist. Warnungen, dass bei diesen Zellen nur KOH (Kalilauge) und auf gar keinen Fall H_2SO_4 (Schwefelsäure) eingefüllt werden darf.

>>> **Nachführmotoren:** Im Gerät 38 und 40 bestanden die meisten Nachführungen aus **zwei Motoren**, einer für aufwärts, der andere für abwärts. Grund: Die Motoren benötigten **weniger Strom** als doppelsinnige Motoren – dafür mehr Aufwand für die Zahnräder. Das Elektroschema für das Gerät 40 (unten) zeigt, dass die Motoren mit nur einem Drehsinn eine elektromagnetische „**Gamma-Bremse**“ haben, die doppelsinnigen Motoren dagegen eine „**Hasler-Bremse**“. Die in anderer Art gezeichneten Motoren im **Modell 43** (Seite 10) zeigen, dass später doppelsinnige Motoren mit zwei Statorspulen verwendet wurden. Gut sieht man unten die elektrische Begrenzung / Ausschaltung des Motors XIV durch die Bewegung des Parallax-Wagens. Das el. **Mikrometer** ist in beiden Fällen rechts unterhalb der Motoren. Das Gerät 40 ist durch Hasler in Lizenz gebaut worden. Titel des grossen Elektro-Planes: „Principschema für geänderte Kommandogeräte Gamma, 19.7.1941“ Motor XI hat noch einen Zentrifugalregler!



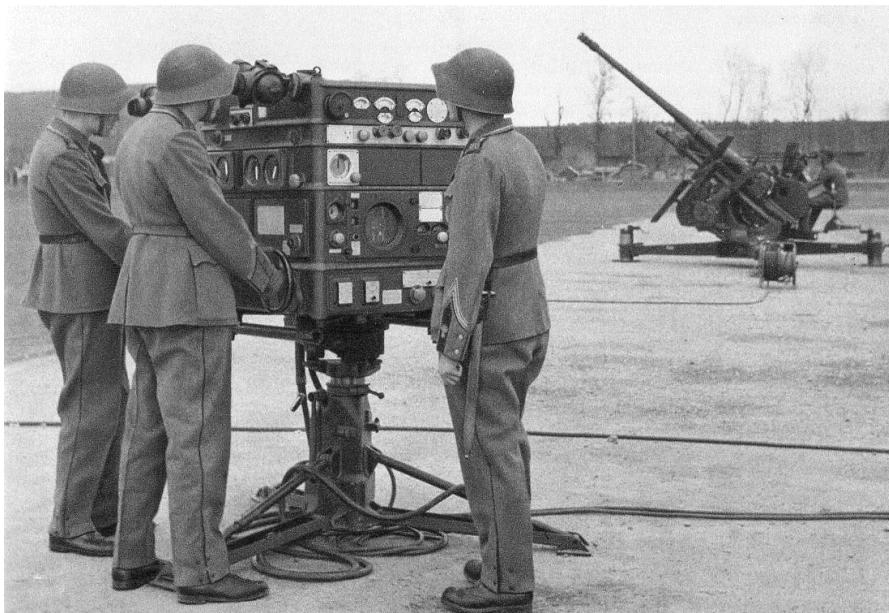
>>> A. Kühlenkamp vom Deutschen Heereswaffenamt beschreibt in seinem Buch „Flak-Kommandogeräte“ (1943) das Gerät GAMMA-JUHASZ nur sehr kurz und summarisch, auf Grund erbeuteter Geräte aus Norwegen. Zwei Passagen daraus: „Die Entfernung oder die Höhe wird nach Zuruf eingestellt“. (?? Schon CH-Gerät 1938 hat Folgezeiger. Ähnlich aber Kögel, p. 20/21, vor 1942). (Das Gerät) „zeigte eine erhebliche Empfindlichkeit gegenüber unsachgemässer Bedienung“. Es heisst nicht, worauf sich das bezieht – das dürfte wohl für jedes andere Fabrikat ebenfalls gelten.

>>> Nach dem Ausschalten des elektrischen Hauptschalters „dürfen keine Einstellungen mehr vorgenommen werden“ (Dok. 7, p. 71). Grund dafür sind die vielen elektrischen „Nachführungen“ mit fein eingestellten Mikrometer-Kontakten, die ohne Strom nicht mehr arbeiten können. Es ist gut denkbar, dass die elektrischen Kontakte in den vielen Jahrzehnten ev. Schaden genommen haben. Besonders im Museum ist es wahrscheinlich, dass da und dort versucht wird, an den Handrädern zu drehen.

>>> Es gibt **zwei** ballistische Körper (B.K.) für die Berechnung einer Zeitdauer, obgleich das Flugzeug ab Kanonenknall gleich lang fliegt (Flugzeit) wie das Geschoss bis zur Detonation (Tempierzeit). Zum Zeitpunkt A wird die Patrone aus der Tempiermaschine gerissen, drei bis vier Sekunden später (Zeitpunkt B) schießt die Kanone. Zur Zeit C explodiert das Geschoss.

B.K. „Flugzeit“: errechnet „jederzeit“, d.h. laufend die Zeit, die das Flugzeug bis zum Treffpunkt fliegen wird. Das ergibt die Vorhaltestrecke, daraus wird die Entfernung von der Kanone zum Treffpunkt abgemessen, welche wieder in den B.K. „Flugzeit“ eingespeist wird zur Ermittlung der Zeit (Kreis-Logik). Diese Rechnung wird bis zum Zeitpunkt B berücksichtigt. B.K. „Tempierzeit“: Errechnet „jederzeit“ die Distanz zum Treffpunkt und die Geschossflugzeit **für eine vergrößerte Vorhaltestrecke**, so dass das Flugzeug noch um die vorgängig abgemachte Zeitdifferenz B – A länger fliegen kann. Diese Rechnung wird aber nur bis zum Zeitpunkt A berücksichtigt, nachher kann der Zünder nicht mehr beeinflusst werden. Die für die Kanone wichtigen Winkel werden bis B noch laufend aktualisiert.

>>> Das Modell 43/50 scheint ein eigener Typ gewesen zu sein, nicht derselbe wie 43/50 R (R für Radar). Das am Radar angeschlossene Gerät hat einen mittleren Zwischenstock erhalten, mit neuen Folgezeigern für Seiten- und Lagewinkel, im Bild unter den Fernrohren gut sichtbar. Am Radar wirklich angeschlossen, braucht es keine Fernrohr-Verfolgung mehr. Auf der gegenüberliegenden Seite des Gerätes (Mann fehlt!!) gibt es die Folgezeiger für „Radar-Distanz“ und daneben für die „Telemeter-Distanz“. Es gab nur 12 Radargeräte, Wikipedia. Das Modell 43/50 R wurde in der Truppe eingeführt ab 1957.



Radar

Hochinteressante Studie zur Geschichte der ersten Radar-Versuche, mit vielen technischen Einzelheiten, oft aus der Sicht der Schweiz, 53 Seiten:

<http://www.cdvandt.org/Jucker-early-warning.pdf>

Sollte die Adresse nicht mehr funktionieren, wäre zu suchen nach:

„Vorgeschichte und erste Generation Frühwarn-Radar bis ca. 1960“. Autor Hans Jucker, Schwerzenbach. Notgelandete fremde Flugzeuge waren speziell wegen der Untersuchung ihrer neuen Radar-Ausrüstung hochinteressant: Vgl. p. 6-9.

Weitere Studien zur Technik-Geschichte, besonders zur Funktechnik, aber auch andere Themen:

<http://www.cdvandt.org/handbooks.htm>

Ebenfalls von Hans Jucker, mit sehr schönen technischen Details:

<http://www.cdvandt.org/Lichtenstein%20radars.pdf>

Abenteuerliches und streng Geheimes zu den ersten Flugzeug-getragenen Radargeräten (selber Fall einer Notlandung in Dübendorf wie oben bei Hans Jucker, aber deutlich populärer geschrieben):

<https://www.woz.ch/0803/ein-deal-mit-deutschland>

Bildnachweis:

Wo mehrere Bilder auf einer Seite sind, werden sie hier zeilenweise genannt

Alle historischen Bilder wurden den vorhandenen Unterlagen zum Kommandogerät GAMMA-JUHASZ entnommen, in unterschiedlichen Jahren herausgegeben, zuhanden der Truppe oder der Gerätemechaniker, archiviert im Flieger-Flab-Museum in Dübendorf (die Dok.-Nr. entspricht der EXCEL-Liste vom 29.7.2014)

Seite	Persönl. Foto-Nr.	Liste der Dokumenten-Nr.	Archiv-Registrierung Alt	Museum Neu	Publikation im Jahre
1	Hermann Schild, Fliegerabwehr, Verein der Freunde der Schweizerischen Luftwaffe, 1982/2005, p.19 / p.35				
6	193	15	045925	12271	1941
7	190	15	045925	12271	1941
9	193	15	045925	12271	1941
	190	15	045925	12271	1941
10	174	14	045922	12268	1947
11	285	17	045927	12273	1941
12	281	20	045930	12276	1938
	283	20	045930	12276	1938
	172	7	045821	12166	1950
	220	19	045929	12275	1938
13	257	18	045928	12274	1938
	302	15	045925	12271	1941
	269	18	045928	12274	1938
	171	6	039479	5133	(1950 ?)
14	287	17	045927	12273	1941
	301	15	045925	12271	1941
15	268	18	045928	12274	1938
	218	19	045929	12275	1938
17	161	Museum Flieger und Flab, Dübendorf, Rundgang			
	79	Museum Flieger und Flab, Dübendorf, Rundgang			
18	392	7	045821	12166	1950
20	368	11	045919	12265	1947
	174	14	045922	12268	1947
21	221	22	046567	12929	1944
22	368	11	045919	12265	1947
	5 Bilder Scan	7	045821	12166	1950
25	264	18	045928	12274	1938
26	401	Nationalbibliothek, G 3188/70			1940
27	„Hasler Werke – Schrittmacher in innovativer Technik“. Haslerstiftung, o.J., p. 55. Danke für Erlaubnis!				

Literatur

Waffen und Geräte der Schweizerischen Fliegerabwehr. Steckbriefe und Kurzorientierung.

Adj Uof Alfred Kögel 1913 – 2004

Herausgegeben von Oerlikon Contraves AG, Zürich/Schweiz. Publiziert Herbst 2006

Faksimile-Stellen aus Kögels persönlichem Skizzenbuch: thematisch breit gefächert mit Waffen, Geräten und allerlei geometrischen Situationen aus dem Alltag der Flab-Batterien. Ausbildung, technische Daten.

In Dok. 11 (1947, Büchlein 1, 12265) ist zuhinterst ein grosser Getriebe-Plan des KdoGt 43. Darin finden sich handschriftliche Notizen, höchstwahrscheinlich von Alfred Kögel (Vater), die über persönliche Notizen hinausgehen. Es sieht danach aus, als wenn sich Kögel auch in konstruktive Details eingemischt hätte, z.B. die eine oder andere Vorrichtung als überflüssig und unnötig befand. Handschriftprobe, damals noch Fw Kögel: Dok. 20 (1938), Titelseite.

Dank

Für Mithilfe, Interesse, Diskussionen, fachliche Tips, Vermittlung weiterer Adressen, Überlassung von Unterlagen etc. danke ich herzlich:

Bernd Ulmann (analogmuseum.org), Daniela Zetti (Technikgeschichte ETHZ), Anja Thiele (Deutsches Museum, Informatik), Ulrich Wegmann (Flab-Veteran), Peter Blumer (Contraves), Erich Greger (Technikgeschichte Jena), Klaus-Dieter Gattnar (Zeiss, Jena), Harald Grahe (Verein Deutscher Ingenieure, Verlag). Der Einstieg in das Thema gelang dank Alfred Kuhlenskamp, ehem. Heereswaffenamt (Buch FLAK-Kommandogeräte, 1943, VDI).

Besonderer Dank gilt Beatrice Heuberger, Elisabeth Bengzon, Beat Benz vom Flieger- und Flab-Museum in Dübendorf, die mir Unterlagen aus dem Museum heraussuchten und Zutritt zu den noch vorhandenen Ausstellungsstücken gewährten.

Der Ausgräber: André Masson, CH-4900 Langenthal

Winter 2014/15